

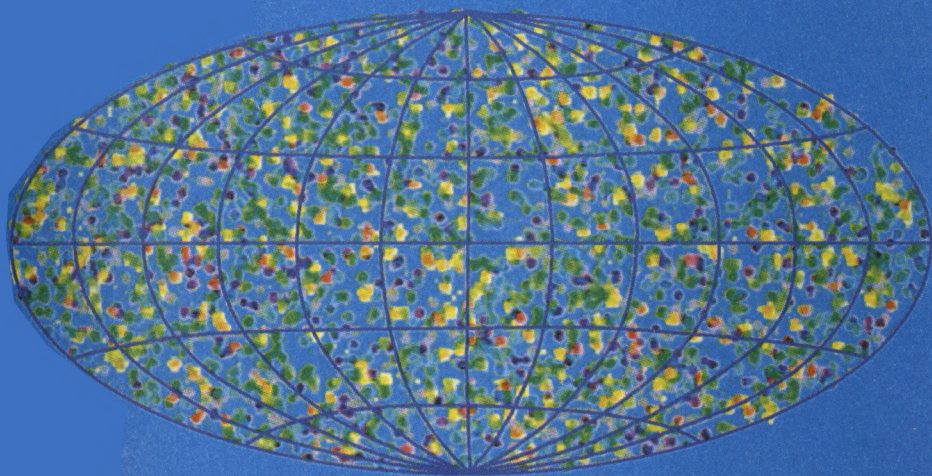
ISSN 0044-3948

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

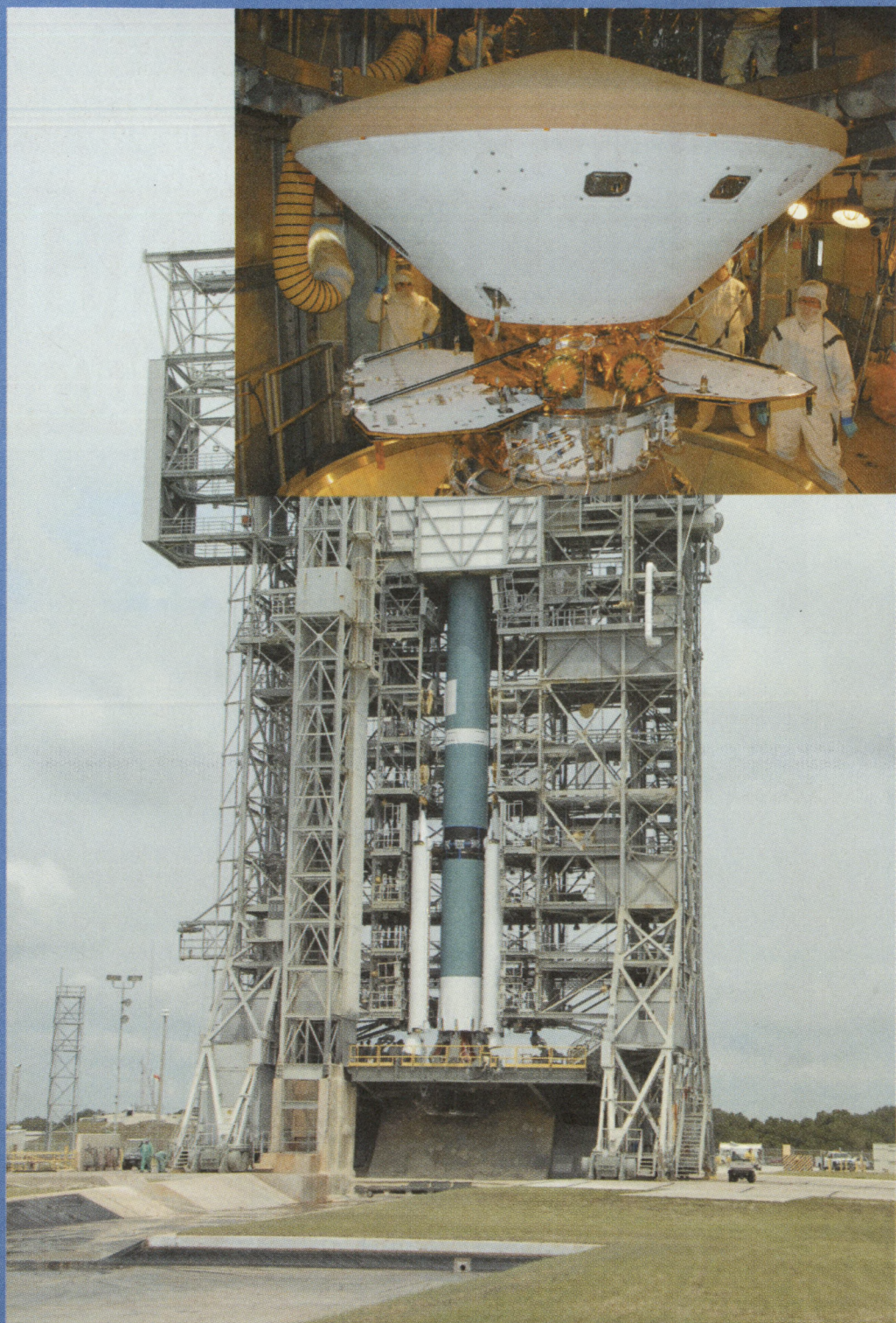
КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

НОЯБРЬ—ДЕКАБРЬ

6/2007

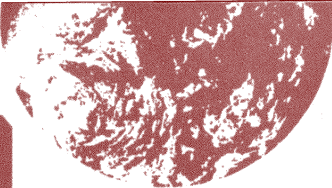


Тысячи загадочных космических
гамма-источников (стр. 36)



Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
6 раз в год
“Наука”
Москва

Земля и Вселенная



6/2007

Новости науки и другая информация: Солнце в июне–июле 2007 г. [23]; “Чандра”: снимки необычной нейтронной звезды [35]; МКС: 50 тыс. оборотов вокруг Земли [57]; Новые книги: Вселенная младшего школьника (Е.П. Левитан. Серия книжек “Астрономия для умных детей”) [63]; Звезды вблизи центра Галактики [69]; Гигантская экзопланета [80]; Новый гигантский телескоп [92]; “Феникс” – новый старт к Марсу [94]; Погружение на дно у Северного полюса [95]; “Кассини”: открыт 60-й спутник Сатурна [96]; Гейзеры на Хароне [97]; 20-й полет “Индевора” [98]

В номере:

- 3 ЗВЕРЕВ С.М. Глубинное сейсмическое зондирование в Мировом океане в период МГТ и после него
- 12 БОБЫЛЁВ Л.П. Изменения климата и окружающей среды Арктики

АСТРОФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

- 25 РЕВНИВЦЕВ М.Г. Рентгеновский “хребет” Галактики
- 32 КРИВОНОС Р.А. “Интеграл”: структура ближней Вселенной
- 36 БИСНОВАТЫЙ-КОГАН Г.С. Всплески космического гамма-излучения: наблюдения и моделирование

ЛЮДИ НАУКИ

- 51 ГОЛОВКИНА В.П. Фридрих Артурович Цандер

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 58 ГОЛУБЕВ В.Н. Парниковый эффект и морские льды Арктики
- 64 СОЛОДОВНИК А.А. Атмосферное электричество и происхождение серебристых облаков

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 70 МАРКИН В.А. Самая северная экспедиция МГТ

ПРОБЛЕМЫ SETI

- 81 ГИНДИЛИС Л.М. Надо ли отправлять послания внеземным цивилизациям?

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 86 Небесный календарь: январь – февраль 2008 г.
- 93 СОЛОМОНОВ Ю.В. Мои наблюдения покрытий
- 99 Указатель заметок о новых книгах, опубликованных в “Земле и Вселенной” в 1970–1985 гг.
- 107 Указатель статей и заметок, опубликованных в “Земле и Вселенной” в 2007 г.



© Российская академия наук
© Редколлегия журнала
“Земля и Вселенная” (составитель), 2007 г.

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per., 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Sciences and the Society of Astronomy and Geodesy; popular; current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Editor V.K. Abalakin; Deputies Editors V.M. Kotlyakov, E.P. Levitan

На стр. 2 обложки: Пакет-носитель "Delta-II" с АМС "Феникс" ("Феникс") на стартовом комплексе № 17А станции Военно-воздушных сил США (Восточный испытательный полигон) на мысе Канаверал во Флориде перед стартом к Марсу. Во врезке: перелетная ступень, внутри которой находится спускаемый аппарат АМС "Феникс". Она установлена в головной части РН. Запуск АМС состоялся 4 августа 2007 г. Снимки К. Шифлетта и Дж. Шелтона, NASA (к стр. 94).

На стр. 4 обложки: Область вблизи центра нашей Галактики. Мозаичное изображение из тысячи снимков с экспозицией 16 ч (цвета искусственные). Голубым цветом показаны старые холодные звезды, красным – светящиеся газопылевые облака и рождающиеся в них молодые горячие звезды. Космическая инфракрасная обсерватория "Спитцер", NASA, начало 2007 г. (к стр. 69).

In This Issue:

- 3 ZVEREV S.M. Deep Seismic Sounding in the World Ocean During and After the International Geophysical Year
12 BOBYLEV L.P. Changes of Climate and Environment of the Arctic

ASTROPHYSICS OF HIGH ENERGIES

- 25 REVNIVTZEV M.G. X-Ray "Backbone" of the Galaxy
32 KRIVONOS R.A. "Integral": Structure of Closer Universe
36 BISNOVATYJ-KOGAN G.S. Splashes of Cosmic Gamma Rays: Observing and Modelling

PEOPLE OF SCIENCE

- 51 GOLOVKINA V.P. Fridrih Arturovich Tzander

HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

- 58 GOLUBEV V.N. Green-house effect and Arctic Sea Ice
64 SOLODOVNICK A.A. Atmospheric Electricity and Origin of Silver Clouds

HISTORY OF SCIENCE

- 70 MARKIN V.A. The Most Northern Expedition of the International Geophysical Year

SETI PROBLEMS

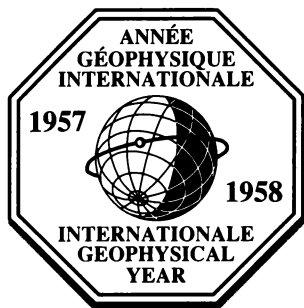
- 81 GINDILIS L.M. Is it Necessary to Send Messages to Civilisations out of the Earth?

AMATEUR ASTRONOMY

- 86 Celestial Calendar: January – February 2008
93 SOLOMONOV Yu.V. My observing of the occultations
99 Index of Notes About New Books Published in "Earth and Universe" in 1970–1985
107 Index of Articles and News Published in "Earth and Universe" in 2007

Редакционная коллегия

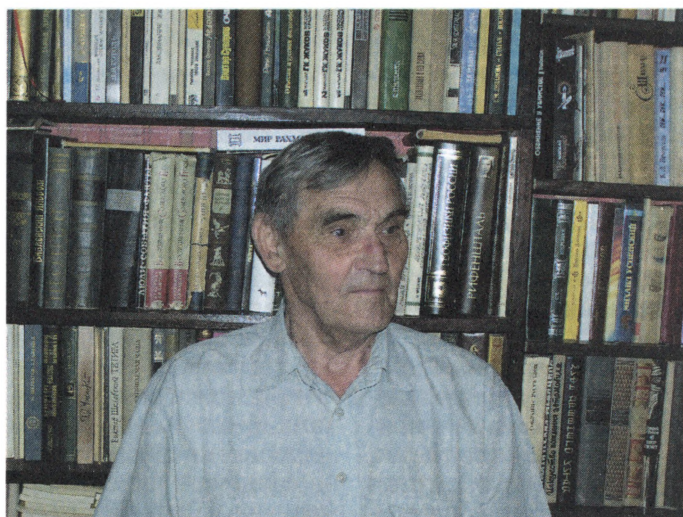
Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН
Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ
Зам. главного редактора доктор педагогических наук Е.П. ЛЕВИТАН
доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,
член-корр. РАН Л.М. ЗЕЛЕНЬИЙ,
доктор филос. наук В.В. КАЗЮТИНСКИЙ,
доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО,
член-корр. РАН И.И. МОХОВ, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,
член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор техн. наук Г.А. ПОЛТАВЕЦ,
доктор геол.-мин. наук Г.И. РЕЙШЕР,
доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ,
академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ, академик А.М. ЧЕРЕПАЩУК,
доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО



Глубинное сейсмическое зондирование в Мировом океане в период МГГ и после него

С. М. ЗВЕРЕВ,
доктор физико-математических наук
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

В сейсмологическом разделе программы МГГ основное внимание уделялось методу глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ). Результаты этих исследований дали принципиально новую информацию о строении земной коры на глубинах несколько десятков километров. Появилась возможность решить фундаментальные проблемы геологической науки: провести сравнительное изучение строения земной коры под океанами и материками, в горных районах и низменностях, в сейсмоактивных и асейсмических районах, в областях вулканической деятельности и зонах глубинных разломов. Метод ГСЗ, впервые примененный в МГГ при сейсмологических исследованиях в районе Сахалина и Курильских островов, остается актуальным и в наши дни.



НА ГРАНИЦЕ МАТЕРИКА
ЕВРАЗИИ И ТИХОГО ОКЕАНА

В соответствии с программой МГГ в середине 50-х гг. XX в. геологи приступили к изучению уникального и активного геологического объекта на Земле – **переходной зоны** от Азиатского континента

к Тихому океану. Здесь происходит смыкание крупнейших глобальных геологических структур океанов и континентов и наблюдается высочайшая современная активность тектонических процессов. Она выражается в многочисленных землетрясениях, частых извержениях вул-



Начальник сейсморазведочной партии из Охи П.М. Сычёв (слева; впоследствии один из ведущих морских геофизиков, доктор геолого-минералогических наук, заслуженный деятель науки РФ) и С.М. Зверев во время проведения экспедиции глубинного сейсмозондирования у берегов Сахалина. На заднем плане – производящий взрывы корабль ВМФ. 1957 г.

канов, формировании Курило-Камчатской островной дуги и океанского желоба глубиной более 10 км.

Ученые Института физики Земли (ИФЗ) АН СССР (некоторые из них включены в Междуведомственный Геофизический комитет МГГ, возглавлявшийся **В.В. Белоусовым**) выполняли в переходной зоне комплекс геологических и геофизических исследований, обеспечив новый уровень знаний этого региона. В ИФЗ сформирована **Тихоокеанская комплексная геолого-геофизическая экспедиция**, начальником которой стал **Е.И. Гальперин**, заместителем начальника по геологии – **А.В. Горячев**, по сейсмическим работам – **С.М. Зверев**. В рамках этой экспедиции организованы различные геологические и геофизические исследования.

Для выполнения **глубинного сейсмического зондирования** регистрируют на линии наблюдений, во многих ее точках, сей-

смические волны. Они приходят от многих искусственных источников возбуждения колебаний (взрывов). Необходимая глубина исследований земной коры обеспечивалась большими базами наблюдений, достигающими нескольких сотен километров. Но на этом расстоянии сейсмические волны сильно ослабевали. Для их успешной регистрации на суше тщательно выбирали подходящие места установки сейсмографов, закапывали приборы в землю. Сначала было не ясно, как выполнять сейсмические наблюдения в сложных морских условиях, поэтому подготовка к исследованиям началась эмпирически. Сотрудники ИФЗ И.П. Косминская и Е.И. Гальперин обсуждали методические вопросы, составляли программу работ, занимались организацией экспедиции. В 1956 г. я был приглашен для участия в исследованиях как специалист в области морской сейсмораз-

ведки. Аппаратурщики, прошедшие войну и полевые экспедиции вместе с академиком **Г.А. Гамбурцевым**, под руководством Е.И. Гальперина начали готовиться к морской регистрации глубинных волн.

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ

В 1957–1958 гг. успешно проведены широкомаштабные морские экспедиции по ГСЗ в переходной зоне азиатского материка к Тихому океану. На запланированных профилях в назначенных точках располагались наблюдающие корабли: две подводные лодки, надводный корабль с **гидрофоном**. Взрывающий корабль (обычно тральщик) двигался вдоль линии профиля и каждые 15 мин сбрасывал глубинные бомбы. За два сезона в Охотском море, Курило-Камчатской зоне Тихого океана, Беринговом море выполнено **12 профилей ГСЗ**. Морские профили сопровождались наземными наблюдениями на о. Итуруп. Был также пройден наземный профиль ГСЗ Магадан–Колыма.



Пролив Буссоль, в котором проводилось глубинное сейсмическое зондирование. У берега о. Симушир, в средней части Курильской островной дуги, стоят подводная лодка, на которой принимались сейсмические волны, и корабль, производивший взрывы. 1957 г.

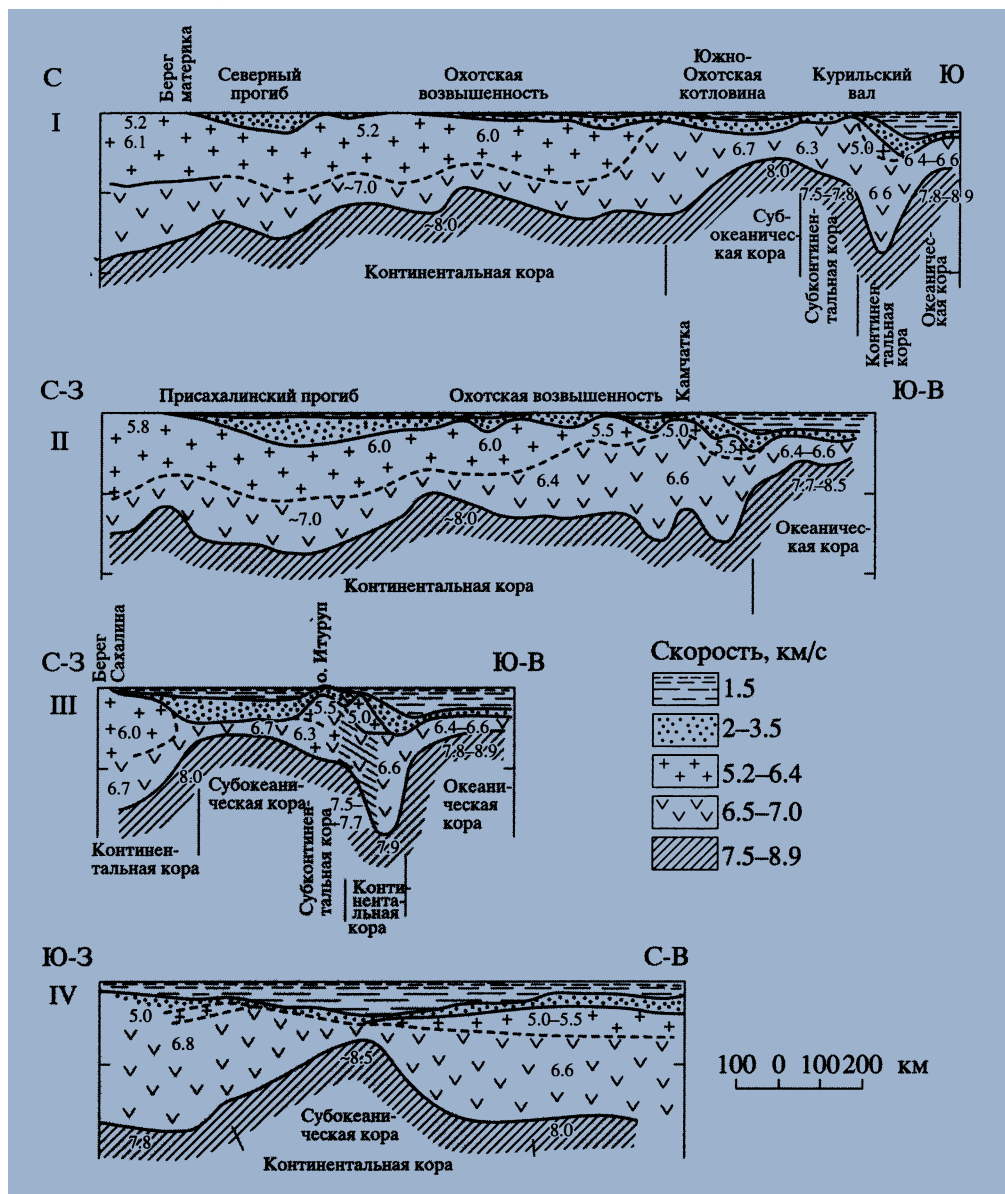
Обработку полученных материалов выполнял большой коллектив специалистов – коллег и учеников Г.А. Гамбурцева. В него входили И.П. Косминская, П.С. Вейцман, Н.И. Давыдова, Г.Г. Михота, Ю.В. Тулина, Г.А. Ярошевская и многие другие. Построенные глубинные сейсмические разрезы впервые наглядно показали сложное сочетание **разных типов земной ко-**

ры в переходной зоне. Для северной и средней частей Охотского моря она близка к континентальной. Намечены бассейны с большой толщиной осадков. В южной части моря под котловиной кора приобретает признаки океанической. Резкие изменения ее толщины под островным склоном Курило-Камчатского глубоководного желоба сопровождаются высокой сейсмической активностью.

Таким образом, в период подготовки и выполнения МГГ и в последующие годы разработана эффективная методика глубинного сейсмического зондирования на морях и океанах. В переходной зоне от азиатского континента к Тихому океану с помощью подводных лодок,

надводных судов и береговых станций проведено уникальное сейсмическое исследование ГСЗ, по детальности и систематичности не превзойденное до сих пор. Всего пройдено 25 профилей ГСЗ общей протяженностью примерно 16 тыс. км, выполнено около 2 тыс. взрывов, установлено 130 регистрирующих станций.

После МГГ изучение Дальневосточной переходной зоны продолжили в 1964–1967 гг. С.М. Зверев и И.П. Косминская при активной поддержке В.В. Федынского, В.В. Белоусова. Работы проводились совместно с Приморским и Сахалинским геологическими управлениями, Сахалинским комплексным НИИ и Дальневосточным геологическим инсти-



тутом РАН. Впервые получены данные о строении земной коры региона, установлено сложное сочетание земной коры разного типа.

Разрезы показывают сложное чередование разнообразных структур земной коры в переходной зоне от континента к океану. На основании этих

данных были сформулированы представления о возможных типах строения земной коры. Последующие экспериментальные исследования и комплексная интерпретация только уточнили отдельные детали.

Эти опыты привели к выводу, что вместо сейсмографов, регистрирую-

Разрезы земной коры, построенные для переходной зоны от Азиатского континента к Тихому океану по данным глубинного сейсмического зондирования (1957-1959 гг.): I - от северного побережья Охотского моря к Южным Курильским островам и далее в океан; II - между Северным Сахалином и Средними Курильскими островами; III - от Южного Сахалина к Южным Курильским островам; IV - вдоль океанского побережья Курильской островной дуги.

щих колебания почвы, лучше использовать приборы другого типа – гидрофоны, регистрирующие изменение давления в толще воды. Они меньше подвержены влиянию помех от движения корпуса прибора и окружающей среды.

Глубинные волны записываются хорошо, если глубина моря невелика, корабль стоит на якоре и гидрофон уложен на дно. Но в глубоком море приходилось вести наблюдения с дрейфующего корабля, и тогда надежный результат можно получить лишь с огромным трудом. Возникает необходимость отделить гидрофон от движения корабля: сбрасывая кабель, добиваться свободного дрейфа взвешенного в воде гидрофона. В результате помехи от движения гидрофона в толще воды на десятках секунд ослабевали, и сейсмические волны могли превысить фон помех.

Сейсмологи предложили методику передвижных взрывов. Если на суше взрывы производились в одних и тех же точках, а сейсмографы перемещались вдоль профиля, то на море более удобной оказалась обратная схема наблюдений. Регистрирующий корабль находился на якоре, а другой корабль делал взрывы без остановки движения. Для того чтобы получить надежные данные о строении коры, необходимо обеспечить регистрацию каждого взрыва в нескольких точках профиля. На основе этой методики было проведено глубинное сей-

смическое зондирование на акваториях Дальнего Востока.

ОПЫТ НАБЛЮДЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

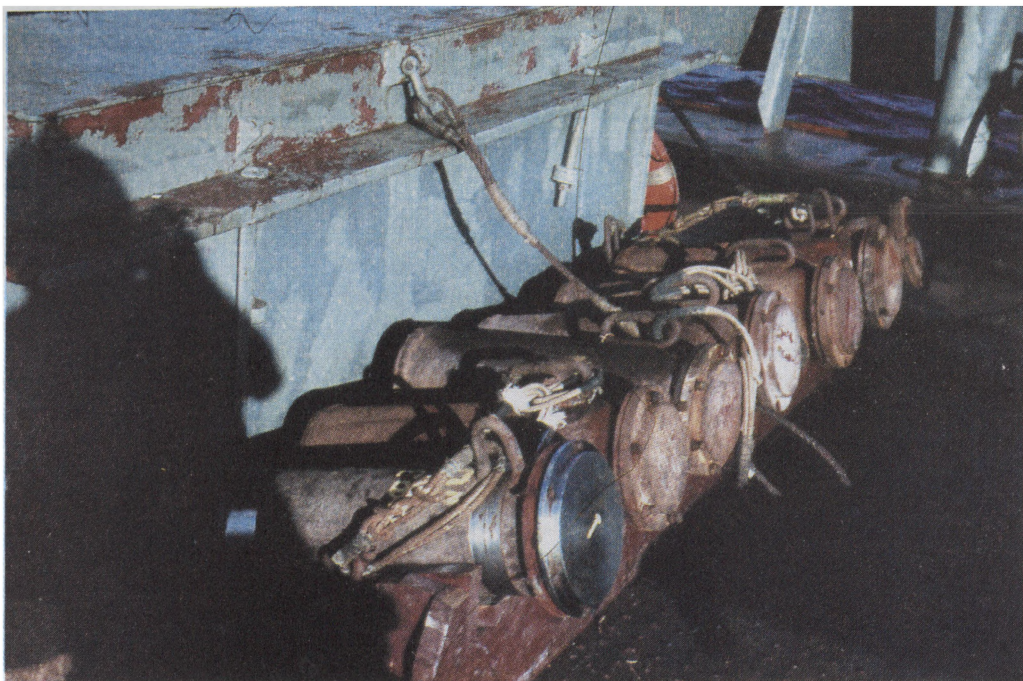
В проведении морских исследований по методике *передвижных* взрывов, помимо производственных геологических организаций, Академии наук СССР и Межведомственного комитета МГГ, оказана большая помощь командованием Военно-морского флота (ВМФ) СССР. Главнокомандующий ВМФ СССР адмирал **С.Г. Горшков** выделил военные корабли с глубинными бомбами на борту для обеспечения морских исследований.

В 1956 г. при подготовке к МГГ осуществлен эксперимент ГСЗ на **Каспийском море**. Регистрацию сейсмических волн вели на суше многоканальные станции ГСЗ, расположенные на обоих берегах Каспия. На море дежурили два-три судна, выделенные производственными геологическими организациями. Бомбы сбрасывали с корабля типа “морской охотник”.

Методика передвижных взрывов оказалась весьма эффективной, и намеченные планы были перевыполнены во много раз. Полученные разрезы земной коры Южного и Центрального Каспия до сих пор остаются опорными для геологов.

К началу экспедиций МГГ стало ясно, что регистрация с обычных судов при ГСЗ в океане будет малорезультативной.

Е.И. Гальперин предложил использовать при сейсмозондировании дна **подводные лодки как станции наблюдений**. После нескольких опытов мы научились регистрировать на них сейсмические волны. Наш гидрофон на резиновых растяжках помещался в рубке, затопляемой водой при погружении. Лодка маневрировала в районе точки наблюдений на самом малом ходу на глубинах 70–90 м. К моменту ожидаемого прихода сейсмических волн (взрывы делались по точному расписанию) выключали двигатели, и лодка уравнивалась на одной глубине. Останавливали все механизмы и объявляли “режим тишины”. Взвешенность лодки массой 3–4 тыс. т достигалась путем приема или откачивания 20 л воды в балластные цистерны. неподвижное положение лодки иногда удавалось сохранить не дольше 1 мин. За это время в абсолютной тишине можно было слышать подводные шумы океана. Сплошное потрескивание от слабых землетрясений указывало на постоянное тектонических процессов над глубоководным желобом. На разные голоса “пели” близкие и далекие землетрясения. Сейсмические волны от наших взрывов слышались как слабый рокот, и приход глубинных волн контролировался по “зайчикам” гальванометров. Последующая звуковая волна оглушительно ударила по корпусу лодки. Незабываемый момент:



неподвижность взвешенной подводной лодки сменялась ее движением (наклоном и погружением или всплытием), сначала медленным, затем быстро ускоряющимся.

Вообще говоря, применение глубинных бомб в сейсмических наблюдениях на подводной лодке достаточно рискованно. В то время еще не было спутниковой навигации, место у берегов определялось по радиолокатору, а вдали от них — по звездам, но частые туманы этому препятствовали. Обычно бомбы сбрасывали не ближе 10 миль (18 км) от лодки с наблюдателями. И все же раза два-три лодка всплывала не далеко впереди по профилю взрывающего корабля, а сзади него. С огромной благодарностью я вспоминаю военных

моряков, сотрудников ИФЗ и родственных ему организаций — М.А. Зайончковского, Э.И. Зеликмана, И.П. Кузина, И.Н. Галкина, Н.Н. Кичина и других участников этих небезопасных экспериментов.

После МГГ использование военных судов с глубинными бомбами на борту в сейсмическом зондировании продолжалось многие годы. Так, в четырех экспедициях ГСЗ в 1980—1986 гг. большой десантный корабль ВМФ СССР *“Комсомолец Кариби”*, имеющий на борту боевую технику и 400 десантников и базировавшийся в Анголе, произвел бомбометание в научных целях в четырех экспедициях ГСЗ на **Анголо-Бразильском геотраверсе**, пересекающем Атлантический океан.

Контейнеры донных сейсмических станций (ДС), использовавшихся при изучении транс-океанского сейсмического профиля Ангола-Бразилия в 1980—1986 гг. Они предназначались для погружения в океан на Анголо-Бразильском геотраверсе. Каждая ДС заменяет отдельное наблюдающее судно, на борту которого регистрируются сейсмические волны, рожденные взрывами.

АВТОНОМНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

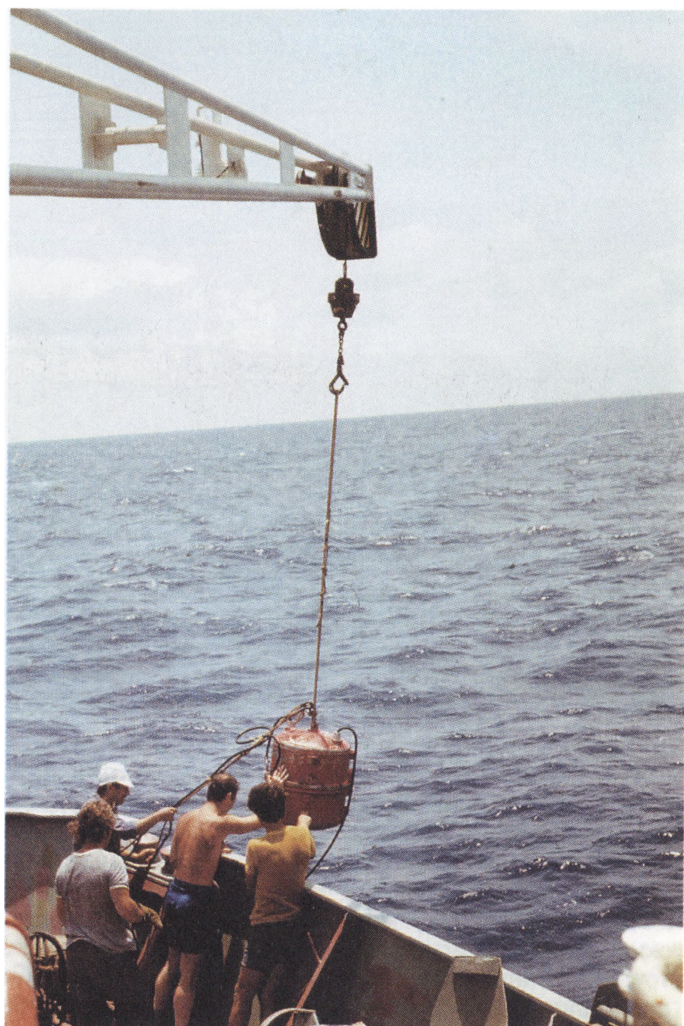
К концу 60-х гг. XX в. на основе экспериментальных морских исследований земной коры методом глубинного сейсмозондирования разработаны технические условия конструирования новых приемных устройств.

Возникла потребность в автономных регистриру-

Установка контейнеров с приборами для донных станций, размещавшихся на глубинах до 6 км.

ющих станциях зондирования. В ИФЗ в 60-х гг. XX в. были разработаны автономные сейсмические станции – сначала буйковая, а затем донная. В контейнеры станций помещали усилители с регистрирующей аппаратурой и точные кварцевые часы. Использовали или сейсмографы, или гидрофон. Для работ на протяженных профилях более удобными оказались донные сейсмические станции (ДС). Их магнитные регистраторы могли непрерывно работать до 14 сут и записывать сигналы в полосе частот 3–25 Гц с динамическим диапазоном до 80 дБ. Сейсмограф был изолирован от шумов механизма. Малошумящие усилители записи обеспечивали регистрацию очень слабых сигналов от глубинных сейсмических волн.

Глубоководный контейнер ДС цилиндрической формы погружался плашмя на $\frac{2}{3}$ диаметра в донный ил, что было оптимальным для уменьшения шумов обтекания. Контейнер мог выдерживать глубины погружения более 6 тыс. м. Все узлы ДС сконструированы в простом варианте, полностью отвечающем реальным условиям экспериментов. Это обеспечивало высокую надежность и высокую чувствительность станций.



Таким образом, в 70-х гг. XX в. стало возможным выполнять кондиционные наблюдения во многих точках с помощью автономных станций по методике ГСЗ с одного судна. Сложные эксперименты проводились при любых глубинах океана общей продолжительностью до двух недель. Подобные автономные станции, разработанные и в сухопутном варианте, успешно использовались при назем-

но-морских экспериментах.

после МГГ

В Институте физики Земли сформировалась группа опытных специалистов по ГСЗ. В разработке и развитии конструкции **автономных станций** в ИФЗ долгие годы участвовали геофизики В.С. Новиков, А.Н. Фурсов, Г.И. Варда, Г.Н. Акимов, В.П. Данилин, В.В. Князев, В.М. Шаб-



лицкий, В.А. Гринь. Руководили морскими экспериментами **С.М. Зверев** и **Н.М. Нардов**. Освоившие методику и технику морских экспериментов сотрудники надежно обеспечивали донные сейсмические наблюдения высокого качества с одного судна при использовании порядка десяти донных станций. Буи и оснастка для удобства транспортировки разбирались на отдельные узлы. Им соответствовала аналогичная наземная аппаратура. С таким оснащением лаборатория ГСЗ ИФЗ в течение 1970–1990 гг. участвовала в нескольких крупных международных проектах по ГСЗ на суше и на море – в Исландии, Северной Атлантике, Финляндии, Южной Атланти-

ке, Восточном Средиземноморье. Особо нужно отметить уникальные исследования на Анголо-Бразильском геотраверсе. В 1980–1986 гг. профиль ГСЗ пересек Атлантический океан. Тогда и был получен разрез литосферы океана до глубины 100 км. Экспедиции проводили совместно с трестом Севморгео и ВНИИ океанологии Министерства геологии СССР. Опыт морских исследований и донных наблюдений при ГСЗ был передан этим организациям, которые продолжают подобные исследования и сегодня.

В период активных морских экспедиций МГГ и в последующие годы, возглавлявшихся В.В. Белоусовым и другими геологами, глубинным сейсмиче-

Большой десантный корабль ВМФ СССР "Комсомолец Карелии", производивший в экспедициях 1980, 1982, 1984 и 1986 гг. взрывы, создававшие сейсмические волны на трансокеаническом литосферном профиле глубинного сейсмического зондирования от Анголы до Бразилии.

ским зондированием охвачены **главные ключевые геологические структуры Земли**. Это древняя платформа (Балтийский щит), океанические котловины (северо-запад Тихого океана, Южная Атлантика), срединно-океанические хребты и рифтовые зоны (Исландия и Северная Атлантика, Южная Атлантика), глубоководные желоба и островные дуги (Курило-Камчатская



Районы основных исследований методом ГСЗ, выполненных на акваториях в период МГГ и в последующие годы. Линиями показаны профильные наблюдения высокой детальности, кружками – полигоны исследований с наземно-морскими наблюдениями.

зона, Кипрская дуга), краевые моря (Охотское, Японское, Баренцево, Берингово), внутренние моря (Каспийское, Средиземное), активные переходные зоны (Дальневосточная, Средиземномор-

ская), пассивные переходные зоны (от Западной Африки и от Балтийского щита в Баренцевом море).

Общая протяженность выполненных за много лет Институтом физики Земли профилей ГСЗ превысила 30 тыс. км, на профилях произведено более 6 тыс. взрывов, станции наблюдения были расставлены в 413 точках. Глубина сейсмического проникновения в литосферу достигала 100 км.

Спустя десятилетия собранные уникальные материалы сохраняют свое

непреодолимое значение. Сегодня ясно, что далеко не вся информация о глубинном строении и параметрах земной коры и верхней мантии извлечена из записей сейсмических волн. Мы считаем, что пересмотр материалов, собранных на акваториях за более чем 30-летний период, даст новую информацию о свойствах земной коры и верхней мантии. Это способствовало бы решению многих фундаментальных и прикладных проблем геологической науки.

Изменения климата и окружающей среды Арктики

Л. П. БОБЫЛЁВ,
кандидат физико-математических наук
Нансен-центр
(г. Санкт-Петербург)

Сотрудничество России и Норвегии, двух самых северных стран Евразии, имеет глубокие исторические корни, особенно в области изучения природы и освоения Арктики. Едва ли не важнейшая роль в установлении контактов между учеными этих стран принадлежит выдающемуся норвежскому полярному исследователю Фритьофу Нансену, совершившему много лет тому назад свое знаменитое путешествие в Сибирь, названную им "страной будущего", и неоднократно приезжавшему в разные годы в Санкт-Петербург.

Новый импульс научное сотрудничество двух стран получило с созданием в 1992 г. в Санкт-Петербурге Международного центра по окружающей среде и дистанционному зондированию имени Нансена. С самого начала между ним и норвежским Нансен-центром (Nansen



Environmental and Remote Sensing Center – NERSC) в Бергене при участии ряда других ведущих российских и зарубежных научных организаций было установлено плодотвор-

ное взаимодействие, направленное главным образом на исследования окружающей среды и климата высоких северных широт, которое привело к значительным научным



результатам. Их оценка нашла свое выражение, в частности, в присуждении в 2005 г. российскому и норвежскому Нансен-центрам, а также Институту Макса-Планка по метеорологии в Гамбурге европейской премии Декарта за десятилетний цикл исследований изменений климата и окружающей среды Арктики (Земля и Вселенная, 2006, № 2).

Здание Бергенского Нансен-центра и его сотрудники. Второй слева – директор Центра профессор Университета Бергена, лауреат премии Декарта 2005 г. У.М. Йоханнессен.

Здание Бергенского Нансен-центра и его сотрудники. Второй слева – директор Центра профессор Университета Бергена, лауреат премии Декарта 2005 г. У.М. Йоханнессен.

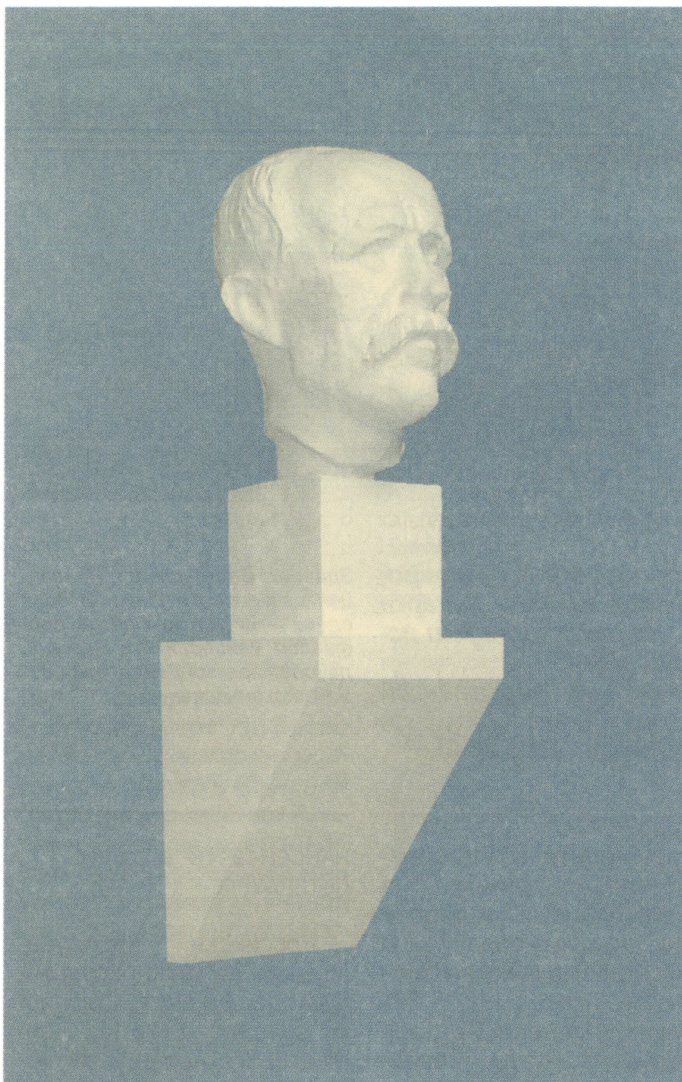
ГЛОБАЛЬНАЯ СЕТЬ НАНСЕНОВСКИХ ЦЕНТРОВ

В настоящее время в мире работают четыре исследовательских центра, объединенных именем Ф. Нансена, которое давно уже стало своего рода символом арктической науки. Первым был создан норвежский Нансен-центр в г. Бергене. Эта некоммерческая научная организация, 24 ноября 2006 г. отметившая 20-летний юбилей, занимается исследованием, мониторингом и прогнозированием состояния окружающей среды и климата на региональном и глобальном уровнях в различных регионах мира, в том числе и в Арктике. В частности, бергенский

Нансен-центр изучает изменчивость климата, а также процессы в океане и их прогнозирование. В нем разрабатываются спутниковые методы для исследования окружающей среды и климата, картирования энергии ветра в прибрежных районах и оценки социально-экономических последствий климатических изменений. Большое внимание уделяется расширению международного сотрудничества и поддержке молодых ученых. Так, бергенский центр им. Нансена выступил инициатором создания и соучредителем еще трех Нансен-центров – в России, Индии и Китае. Российский был среди них первым.

НАНСЕН-ЦЕНТР В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Российский Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена был основан 19 октября 1992 г. в Санкт-Петербурге по инициативе директора норвежского Нансен-центра профессора У.М. Йоханнессена и советника петербургского Научно-исследовательского центра экологической безопасности РАН (НИЦЭБ) академика К.Я. Кондратьева. Вскоре к этим двум организациям присоединились еще два учредителя – Общество Макса-Планка (Max-Planck Society) из Германии и Мичиганский институт исследования



Бюст Фритьофа Нансена работы петербургского скульптора Евгения Ротанова. Установлен в "Доме Нансена" во время церемонии его торжественного открытия 9 декабря 2005 г. Санкт-Петербург, Васильевский остров.

российскими и западными институтами и организациями, что в полной мере и реализовалось в дальнейшем.

В июле 2001 г. Нансен-центр был преобразован в некоммерческий научный фонд. При этом в число его учредителей вошли дополнительно Санкт-Петербургский государственный университет, Исследовательский фонд университета Бергена и Институт водных проблем Севера РАН. В декабре 2005 г. Нансен-центр расположился в новом офисе на Васильевском острове, названном "Домом Нансена" и приобретенном для своих российских коллег норвежскими учредителями, главным образом бергенским Нансен-центром. В помещении Центра установлен бюст Фритьофа Нансена работы петербургского скульптора Евгения Ротанова.

В 1994 г. учредители фонда организовали специальную Программу поддержки молодых ученых и аспирантов имени Нансена. В ее рамках, в частности аспирантам Санкт-Петербургского государственного университета и некоторых институтов Санкт-Петербурга, предоставляются в Нансен-центре все

окружающей среды (Environmental Research Institute of Michigan – ERIM) из США. Значительную поддержку в самом начале становления российский Нансен-центр получил от Объединенного исследовательского центра (Joint Research Centre – JRC) Комиссии Европейских Сообществ. Был заключен договор о сотрудничестве между Нансен-центром и Институтом применения

космических технологий (Space Applications Institute – SAI), принадлежащим JRC и расположенным в Испре (Италия).

В основе этой инициативы – идея создания некоммерческого международного центра для исследования окружающей среды и климата северных высоких широт. Предполагалось, что Нансен-центр в Санкт-Петербурге станет связующим звеном между

Одна из российско-норвежских экспедиций, прибывшая в район Шпицбергена на борту норвежского научно-экспедиционного судна "Lapsee". Сотрудник петербургского Нансен-центра В.Ю. Александров выгружает на лед научное снаряжение. Основная цель экспедиции – изучение морского льда как среды обитания белых медведей. Апрель 2004 г.



необходимые условия для плодотворной научно-исследовательской работы, дополнительные стипендии, регулярные стажировки в ведущих зарубежных научных центрах.

Петербургский Нансен-центр изучает изменения, происходящие в окружающей среде и климате северных высоких широт, взаимодействие океана и атмосферы и реакцию водных экосистем на глобальные изменения. Прикладные исследования связаны с разработкой методов поддержки навигации на Северном морском пути с помощью спутниковых данных, спутникового мониторинга морского льда и айсбергов. Особенно важны они для разведки и добычи нефти и газа на шельфе ледовитых морей, оценки и моделирования загрязнения морской среды.

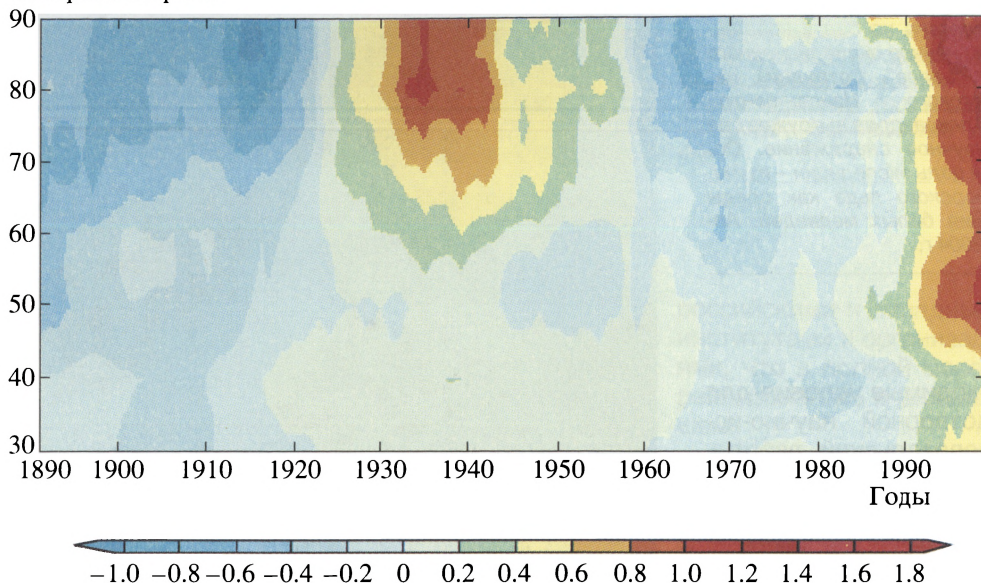
Рассматриваемые здесь российско-норвежские исследования проводились в рамках крупных проектов, финансировавшихся Евросоюзом и Исследовательским советом Норвегии. Их результаты, содержащие значительные научные и технические достижения, изложены в ряде

монографий и журнальных публикаций.

Наиболее детально разработанные модели общей циркуляции атмосферы и океана дают для сценариев возрастания содержания парниковых газов в атмосфере похожие результаты. В соответствии с ними глобальное антропогенное потепление, начавшееся в 80-х гг. прошлого столетия, будет продолжаться и станет наиболее сильным в северных высоких широтах благодаря сложным механизмам обратных связей в системе атмосфера–океан–лед. В ближайшие 50 лет темпе-

ратура воздуха в Арктике может подняться на 3–4°C, что более чем вдвое превысит величину среднего потепления по земному шару. Это означает, что Арктика может оказаться тем самым регионом, где произойдут наиболее быстрые и драматические изменения в XXI столетии. Комплексный анализ разрозненных данных наблюдений рисует надежный всесторонний "портрет" происходящих в Арктике и Субарктике изменений, показывающих, что за последние 2–3 десятилетия Северная Евразия и Северная Америка испытали

Северная широта



необычное потепление, выразившееся в уменьшении площади морского льда, заметных изменениях в гидрографии Северного Ледовитого океана, сокращении площадей ледников и снежного покрова, увеличении стока рек в Арктический бассейн, ускорении роста деревьев в Северной Евразии, сокращении площади тундры и таянии вечной мерзлоты.

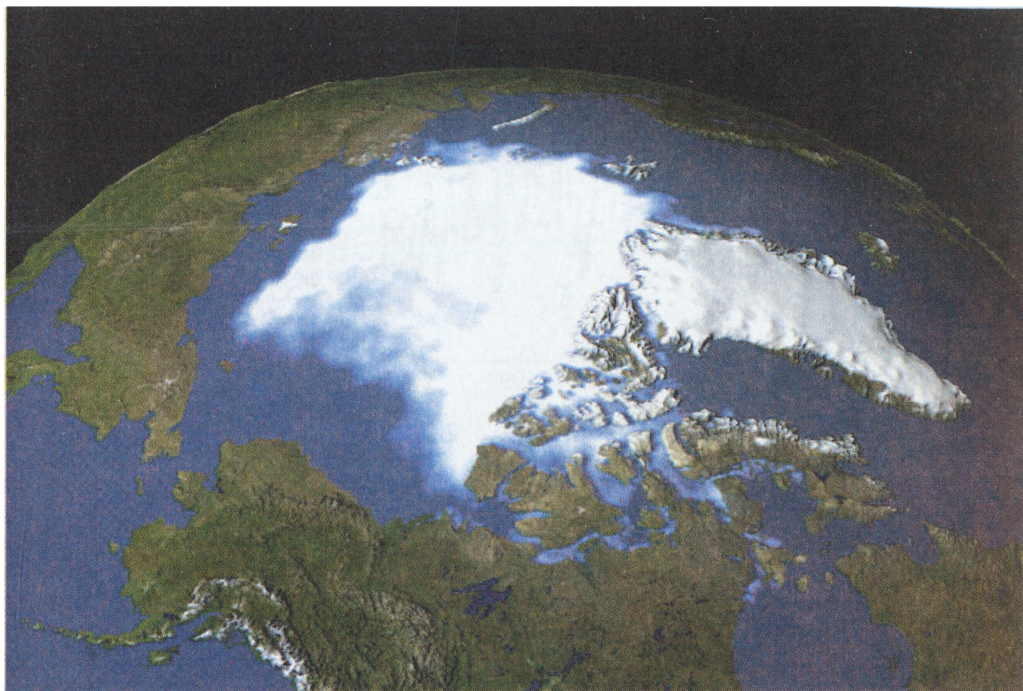
В исследованиях климата Арктики имеется ряд крупных нерешенных научных проблем, бросающих вызов научному сообществу. Они касаются фундаментальных процессов, лежащих в основе прошлых, настоящих и будущих изменений в арктической климатической системе, а также биогеофизических и социально-экономических последствий этих изменений и их роли для Европы, России и всего мира.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

Изменение в ледяном покрове арктических морей количественно может быть оценено с помощью спутниковых **микроволновых радиометров**, регистрирующих излучение океана, льда и атмосферы в диапазоне миллиметровых и сантиметровых длин волн. Временные ряды характеристик ледяного покрова, полученные этим способом, являются одними из наиболее длительных непрерывных измерений геофизических параметров со спутников и покрывают почти **30-летний период**. Измерения со спутников микроволнового излучения арктических морей одновременно в нескольких спектральных диапазонах позволяют в итоге получить общую площадь морского льда и

Диаграмма, показывающая зонально-временную изменчивость аномалий температуры воздуха у поверхности Земли в Северном полушарии с 1891 г. по 1999 г. Отчетливо видны три важных явления: потепление в высоких северных широтах в 20–40-х гг. XX в., следовавшее за этим похолодание в 60–70-е гг. и нынешнее потепление, начавшееся в 80-х гг. и продолжающееся до сих пор в пределах всего Северного полушария.

его общую протяженность внутри границы *лед–вода*. Так как многолетний лед, “переживший” хотя бы одно летнее таяние, однолетний лед и открытая вода обладают различными радиационными свойствами, то специальные алгоритмы, примененные к многоканальным микроволновым данным, позволяют разделить эти компоненты, по крайней мере, в зимнее время, когда радиационные характери-



Общий вид Арктического бассейна из космоса, реконструированный для лета 2001 г. по данным микроволнового радиометра SSM/I (Специальный микроволновый сенсор-имиджер) с американского спутника "DMSP". Помимо открытой воды видны морской ледяной покров и Гренландский ледниковый щит. NASA.

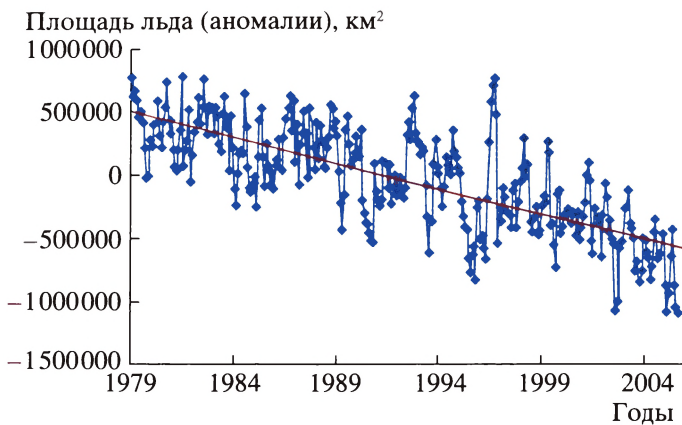
стики льда относительно стабильны.

Именно совместные исследования двух нансеновских центров, петербургского и бергенского, позволили впервые получить и проанализировать на основе спутниковых микроволновых измерений за период с 1978 г. по настоящее время пространственно интегрированные временные ряды общей площади многолетнего и однолетнего льда

для зимы. В 1999 г. было установлено значительное (около 7% за десятилетие) сокращение площади многолетнего льда зимой в 1978–1998 гг. по сравнению с приблизительно 2-процентным сокращением общей площади морского льда. Такой, несколько неожиданный, результат означает, исходя из нашего анализа, что в природе арктического морского ледяного покрова происходят существенные изменения. Это не периферический эффект. Новые данные опубликованы в журнале "Science" (1999) в статье У. Йоханнесена с соавторами, которая широко цитировалась в научной литературе и обсуждалась в научно-популярных изданиях и средствах массовой информации по всему миру.

Таким образом, арктический морской ледяной

покров находится в переходном состоянии, которое может заметно видоизменить режим системы *лед–океан–атмосфера* в Арктике. Однако 20 лет недостаточно для утверждения, что это на самом деле долговременный тренд, а не отражение естественной изменчивости в системе *атмосфера–океан*, такого, например, явления, как **Северо-Атлантическое колебание** (САК). Поэтому спутниковые наблюдения арктического морского льда были продолжены и ведутся регулярно в настоящее время. Новые результаты, полученные к 2004 г., опубликованы в другой статье, в журнале "Tellus" (2004). Согласно им, общая площадь арктического морского льда уменьшилась за предыдущую четверть века приблизительно на $8 \cdot 10^5$ км²



Изменчивость аномалий площади морского льда в Арктике с 1979 г. по 2005 г., по данным спутниковых микроволновых радиометров SMMR (Сканирующий многоканальный микроволновый радиометр) и SSM/I (Специальный микроволновый сенсор-имиджер). Отрицательный тренд (прямая линия) означает уменьшение общей площади морского льда в Арктике за этот период в среднем на 3% за десятилетие.

(7.4%) с рекордно низким летним ледяным покрытием в сентябре 2002 г. Последующие наблюдения зарегистрировали еще меньшую площадь льда в сентябре 2005 г. и 2006 г. Изображение акватории Северного Ледовитого океана, полученное 24 августа 2006 г. в результате компьютерной обработки данных микроволнового радиометра AMSR-E американского спутника "Aqua", показывает, что Арктика тогда освобождалась ото льда почти до полюса.

ЗАГАДКА ГРЕНЛАНДСКОГО ЛЕДНИКОВОГО ЩИТА

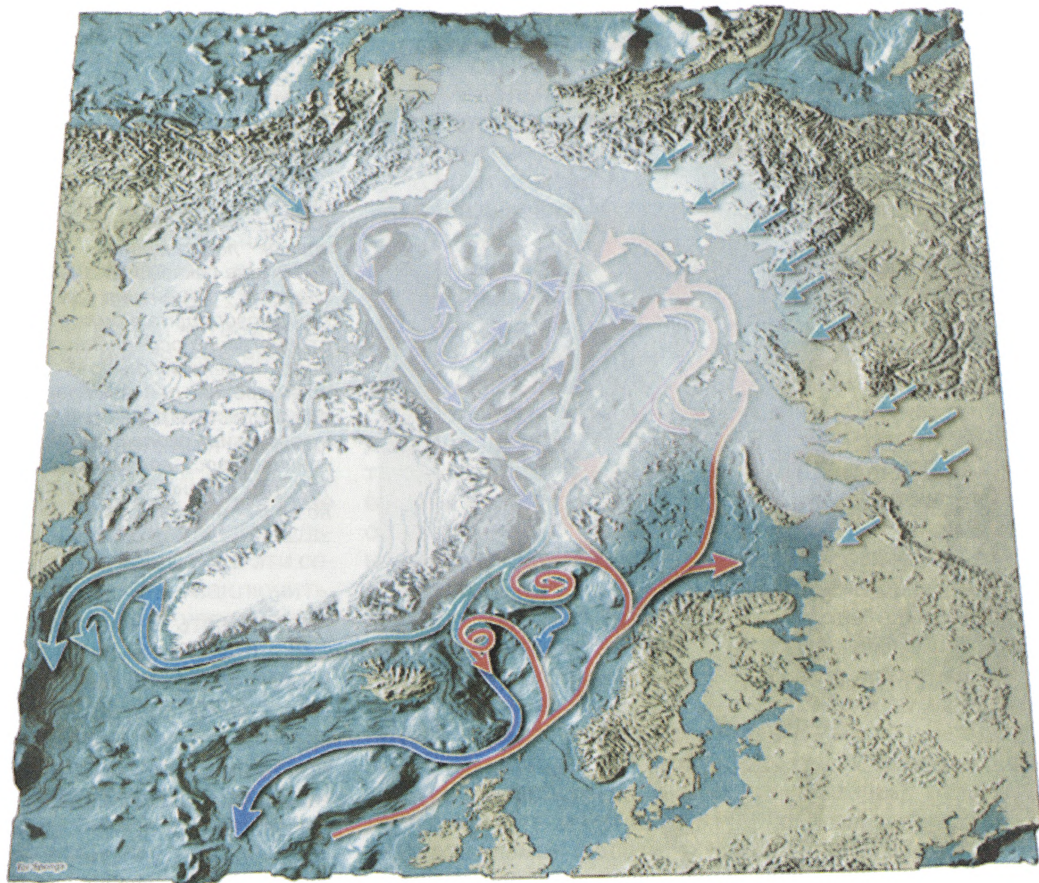
Ледниковый щит Гренландии, занимающий площадь около **2 млн. км²**, стал объектом повышенного внимания, по крайней мере, по двум причинам, имеющим отношение к глобальным изменениям климата. Во-первых, ясно, что полное его таяние приведет к повышению уровня Мирового океана приблизительно на 7 м. Процесс, который может продлиться тысячелетие, предположительно начнет-

ся, когда будет достигнуто критическое (примерно на 3°C) повышение средней температуры приповерхностного воздуха в районе Гренландии. Это может произойти уже до конца нынешнего столетия. Во-вторых, более интенсивное таяние льда и откалывание айсбергов приведут к увеличению поступления пресной воды в северную часть Атлантического океана. Теоретически предсказано, что может ослабиться или даже полностью разрушиться глобальная термохалинная циркуляция Мирового океана за сравнительно небольшой промежуток времени, порядка нескольких десятилетий.

В совместной с норвежскими коллегами работе мы исследовали **изменение высоты поверхности** ледникового щита во внутренних областях Гренландии. Измерения в прошедшее десятилетие изменений в Гренландском ледниковом щите с помощью полевых, самолетных и спутниковых наблюдений уточнили представление о происходящих на леднике

процессах. Однако до сих пор среди ученых нет консенсуса относительно величины и знака баланса массы всего огромного Гренландского ледника. И все же существует достаточная уверенность в том, что в прибрежной зоне в предыдущие годы происходило таяние и утоньшение ледника. Меньше известно об изменениях высоты ледника в обширных возвышенных внутренних районах Гренландии, хотя при пролетах над щитом и получено несколько оценок баланса массы по данным неравномерно распределенных в пространстве и во времени измерений с помощью самолетного лазерного альтиметра. Это обосновывает необходимость получить длительные непрерывные ряды наблюдений, например с помощью спутниковой альтиметрии. Ряды же спутниковых измерений высоты поверхности, анализировавшиеся до сих пор, были прерывистыми и относительно короткими.

Мы получили и проанализировали непрерывный ряд измерений высоты по-



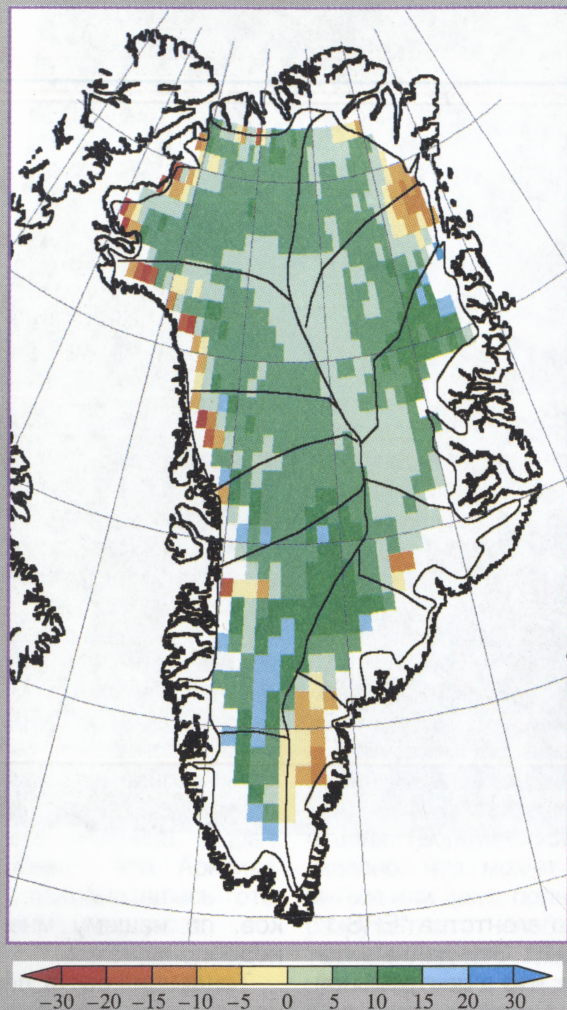
Акватория Северного Ледовитого океана. Изображение получено 24 августа 2006 г. в результате компьютерной обработки данных микроволнового радиометра AMSR-E (Усовершенствованный микроволновый сканирующий радиометр) американского спутника "Aqua". Льды находятся значительно севернее трех полярных архипелагов: Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа и Северной Земли. ESA.

верхности Гренландского ледникового щита за 11-летний период, с 1992 г. по 2003 г., на основе данных радиоальтиметров спутников Европейского косми-

ческого агентства "ERS-1" и "ERS-2". Эти данные показали, что в центральной области щита происходят наращивание льда и подъем его поверхности. В то же время на периферии поверхность щита в целом понижается. Были оценены величины сезонной и межгодовой изменчивости высоты поверхности за тот же период и исследованы связи наблюдаемых изменений высоты с Северо-Атлантическим колебанием. Его влияние на изменения высоты поверхности Гренландского щита через естественное регулирование зимних осад-

ков, по нашему мнению, недооценивается.

Тенденция роста ледникового щита обнаруживается по данным о пространственном распределении осредненной за 11-летний период скорости изменения высоты поверхности льда. Максимальные величины составляют до 10–20 см/год в юго-западной (южнее 69° с. ш.) и восточной (между 74° и 77° с. ш.) частях Гренландии. Наибольшее понижение поверхности ледника (от 25 до 30 см/год) наблюдается в некоторых районах Западной Гренландии. Там независимые измерения с



Пространственное распределение средних скоростей изменения высоты Гренландского ледникового щита за период с 1992 по 2003 гг., полученное по данным радиоальтиметров со спутников Европейского космического агентства "ERS-1" и "ERS-2". Черными линиями обозначены границы ледникового щита и основных ледоразделов. Цветовая шкала показывает значения скорости изменения высоты ледникового щита в см/год. Пространственно осредненная скорость изменения высоты щита во внутренних районах Гренландии за рассматриваемый период составила около 5 см/год, что означает рост ледникового щита в этих районах приблизительно на 54 см за 11 лет.

поверхность ледникового щита поднялась за 11 лет в среднем на **65 см в год**. Последний результат находится в противоречии с прежними оценками, полученными в 2000 г. и 2001 г. на основе фрагментарных наблюдений, в отличие от наших непрерывных 11-летних исследований, содержащих 45 млн. результатов измерений. Рост высоты ледника происходит благодаря увеличению аккумуляции, главным образом за счет интенсификации выпадения снега.

Региональные температура и осадки в Гренландии во многом определяются Северо-Атлантическим колебанием, которое в зимнее время сильно влияет на осадки в Гренландии (коэффициент корреляции, по модельным данным, -0.78). Поэтому мы предположили, что особенностью погоды, включая осадки, определяемые действием Северо-Атлантического колебания, силь-

помощью самолетных альтиметров в 1997 г. и в 2002–2003 гг. также зафиксировали значительное утоньшение ледникового щита. Понижение поверхности льда обнаружено также в Юго-Восточной Гренландии (между 63° и 66° с. ш.) и в районе северо-восточного ледового потока (от 78° и 80° с. ш.) со скоростями от 10 до 15 см/год.

Средняя для всей Гренландии скорость измене-

ния высоты поверхности ледникового щита (за исключением тех прибрежных районов, для которых спутниковые альтиметрические данные нельзя считать надежными), составила около +5 см/год, или 54 см за 11 лет (1992–2003), что означает существенный рост ледника в его внутренних возвышенных районах. Для части территории Гренландии, находящейся выше 1500 м,

но влияют на изменения высоты ледникового щита. Оцененная нами корреляция между изменениями высоты поверхности Гренландского ледникового щита и индексом САК для зимнего периода оказалась отрицательной и весьма высокой, с коэффициентом -0.88 . Она объясняет на три четверти величину изменения высоты ледникового щита. Для весны, лета и осени корреляция небольшая (примерно 0.04 , -0.08 и -0.28), что предполагает отсутствие сколь-нибудь значительного влияния САК в эти сезоны. Можно заключить, что погодные условия при сильно отрицательных значениях индекса САК приводят к повышенной аккумуляции и росту высоты ледникового щита в зимнее время. Это иллюстрируется изменениями высоты ледника, наблюдавшимися в период от зимы 1994/95 г. к зиме 1995/96 г., с -10.1 см до $+11.6$ см. Это связано с рекордным скачком индекса САК – от высоких положительных к столь же большим отрицательным значениям.

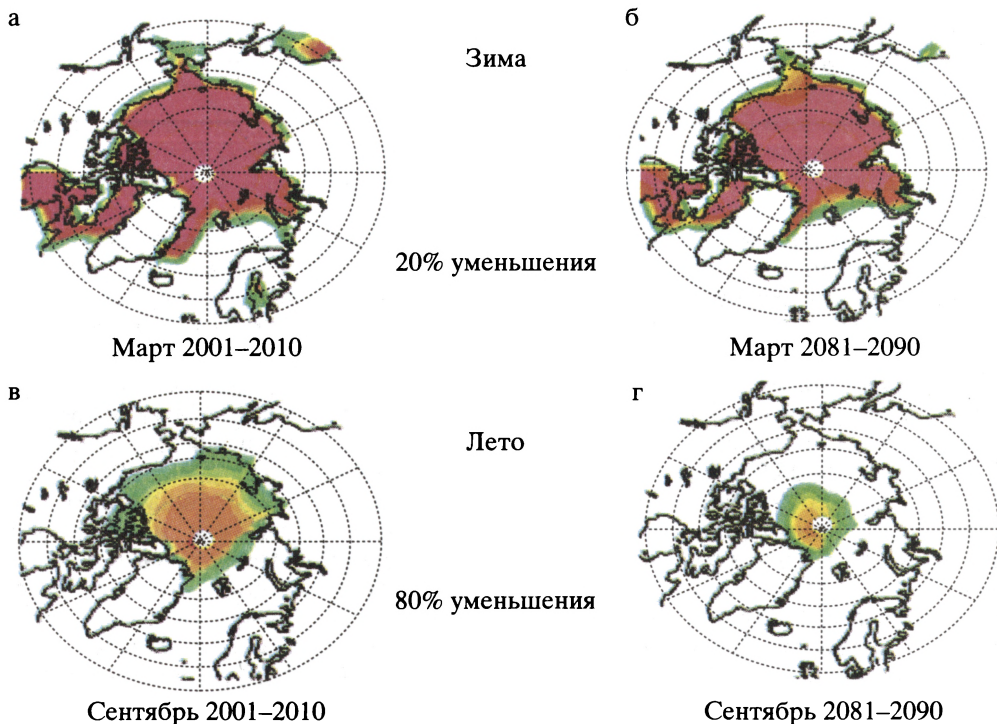
Наблюдаемая корреляция между САК и изменениями высоты ледникового щита позволяет предположить, что будущие тренды Северо-Атлантического колебания, очевидно, повлияют на баланс массы Гренландского ледникового щита. Тренд зимнего индекса САК был в основном положительным с 1960-х гг., хотя в рассматриваемый нами период, с 1992 г. по 2003 г., – слегка

отрицательным, что и привело к наблюдаемому росту высоты ледникового щита. Модельные эксперименты для сценариев увеличения атмосферной концентрации парниковых газов показывают возрастание индекса САК в будущем, что предполагает уменьшение зимней аккумуляции в Гренландии. Однако, как уже упоминалось, Северо-Атлантическое колебание объясняет лишь около трех четвертей величины изменений высоты ледникового щита, оставляя нам возможность рассуждать о других причинах. Вполне вероятно, что эту остающуюся четверть величины изменений высоты ледникового щита можно объяснить глобальным потеплением. Но чтобы сделать такой вывод, 11-летних наблюдений недостаточно ввиду большой изменчивости в климатической системе высоких широт, включая Северо-Атлантическое колебание. Поэтому сейчас не ясно, как поведет себя в будущем Гренландский ледниковый щит – эта “темная лошадка” глобальной климатической системы. Для ответа необходим дальнейший мониторинг изменений ледникового щита с использованием новых, более совершенных спутниковых альтиметров, особенно тех, что смогут проводить измерения в береговой зоне с большими углами наклона поверхности. Целесообразно также использование других дистанционных и полевых наблюдений и численного моделирования.

МОРСКОЙ ЛЕД
И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА
АРКТИКИ В XXI ВЕКЕ

Изменения размеров морского ледяного покрова в Арктике моделировались и сравнивались с данными наблюдений, полученными в исследованиях, предшествующих нашим, которые предсказывали уменьшение приблизительно на 15% средней протяженности морского ледяного покрова в Северном полушарии к 2050 г. Однако потенциально значительные и важные пространственные и сезонные аспекты не были рассмотрены. Вместе с норвежскими коллегами мы впервые проанализировали пространственную и сезонную изменчивость ледяного покрова, а также его смоделированный отклик на антропогенное воздействие вплоть до 2100 г. Для этого использованы прогнозы, полученные с помощью климатической модели ECHAM-4 Института Макса Планка по метеорологии (Гамбург, Германия) на основе различных сценариев Межправительственной группы экспертов по изменению климата для эмиссии парниковых газов. Анализ показал, что сокращение ледяного покрова продолжится, поэтому к концу XXI в. в летний период его площадь будет приблизительно на 80% меньше, чем сейчас. Зимой сокращение будет не столь значительным.

Согласно смоделированному пространственному распределению морского ледяного покрова в



2001–2010 гг. и в 2081–2090 гг., к концу столетия в летний период окраинные арктические моря будут свободны ото льда за исключением севера Гренландии и Канадского арктического архипелага. Эти результаты вошли в отчет ВМО “Оценка воздействий арктического климата”, опубликованный в 2004 г.

Сформулируем несколько гипотетических последствий такого драматического сокращения морского ледяного покрова в Арктике. Во-первых, уменьшение альбедо поверхности и увеличение площади открытой воды могут существенно повлиять на энергетический баланс, а также циркуляцию атмосферы и океана в северных высоких широтах. Во-вторых, освобожденные ото

льда обширные территории Северного Ледовитого океана с открытой холодной водой станут дополнительным важным стоком атмосферного углекислого газа. В-третьих, изменение в характере циркуляции океанических вод на Севере может существенно образом изменить климат Арктики и прилегающих регионов, включая Европу и Россию. В-четвертых, значительные перестройки в арктической морской экосистеме, например сокращение первичной продуктивности в Северной Атлантике за счет уменьшения массы льда, сократят биоразнообразие в Арктике и Субарктике. Положительным следствием станет расширение пространств открытой воды, благоприятных для рыболовства, облег-

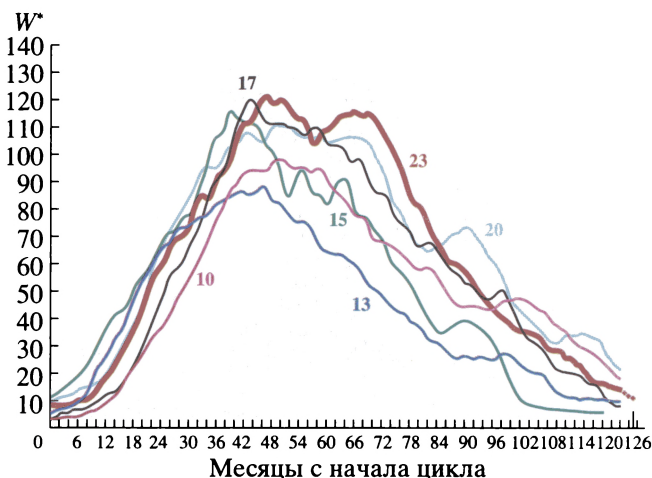
Пространственное распределение морского льда в Северном полушарии в конце зимы (март) и поздним летом (сентябрь) за десятилетие 2001–2010 гг. и к концу столетия, в 2081–2090 гг., полученное по данным моделирования с использованием модели ECHAM-4, разработанной в Институте Макса Планка по метеорологии. Результаты моделирования показывают, что к концу нынешнего столетия морской ледяной покров в Арктике уменьшится приблизительно на 80% летом (в–г) и на 20% зимой (а–б).

чение промышленной деятельности на шельфе и морской транспортировки грузов, в том числе по Северному морскому пути (СМП). Эта водная трасса сможет наконец-то в XXI в. полностью реализовать свой потенциал как важнейшая транспортная магистраль мирового значения.

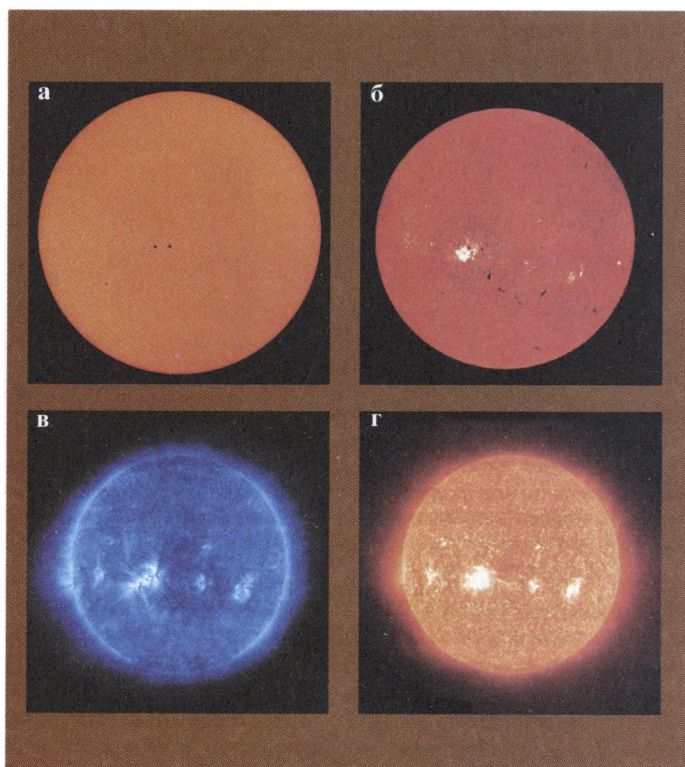
Солнце в июне–июле 2007 г.

В первые месяцы лета 2007 г. пятнообразовательная активность Солнца уверенно держалась на низком уровне, и примерно треть периода на его видимом диске пятен не было. Максимум текущего солнечного цикла наступил в апреле 2000 г. ($W_{\max}^* = 121.7$, $F_{10\text{ см}}^* = 181$), вторичный максимум – в ноябре 2001 г. ($W_{\max}^* = 115.6$, $F_{10\text{ см}}^* = 193.6$). Текущие средне-месячные значения отношения относительного числа солнечных пятен за декабрь 2006 г. и январь 2007 г. ($W^* = 12.1$, 12.0 соответственно) упали до значений, при которых возможно наступление минимума солнечной активности: 21-й и 22-й солнечные циклы начинались со значений $W^* = 12$.

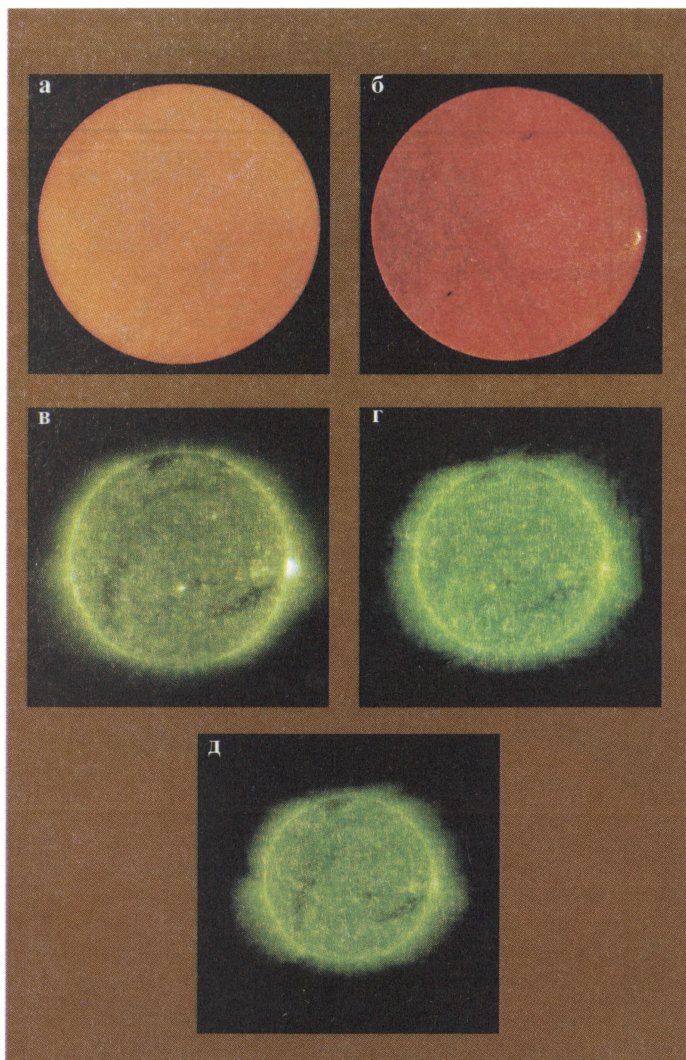
Пятнообразовательная активность Солнца в **июне 2007 г.** была на низком уровне, однако с 3 по 8 июня значение чисел Вольфа находилось на среднем уровне. В эти дни по видимому диску Солнца в Южном полушарии проходила большая группа пятен, площадь которой в максимуме развития превысила площадь поверхности Земли более чем в три раза. 3–4 июня в ней произошло восемь вспышек рентгеновского балла М, две из них были большие. Напомню, что большими считают солнечные вспышки, рентгеновский балл которых равен или превышает М5. Так как в это время группа пятен находилась вблизи восточного лимба Солнца, влияние вспышек на околоземное космическое пространство ограничилось лишь электромагнитным воздействием, вызвавшим возмущения в ионосфере. На Солнце в начале месяца наблюдалось до трех групп солнечных пятен. Максимальное относительное число Вольфа отмечено **7 июня** ($W = 37$), а минимальное – с **14 по 24 июня** ($W = 0$). Геомагнитная



Развитие текущего 23-го цикла солнечной активности на протяжении 127 месяцев. Для сравнения приведены циклы подобной величины. W^* – сглаженные за 13 месяцев числа Вольфа.



Солнце 6 июня 2007 г.: а) в белом свете (непрерывном спектре); б) в самой сильной водородной линии видимой части спектра H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ Å}$); в, г) в линиях крайнего ультрафиолетового излучения $\lambda = 171 \text{ Å}$, 304 Å . Вблизи центра диска можно видеть большую июньскую группу пятен. Фото "SOHO".



Солнце 20 июля 2007 г.: а) в белом свете (непрерывном спектре); б) в самой сильной водородной линии видимой части солнечного спектра H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в) в линии крайнего ультрафиолетового излучения $\lambda = 195 \text{ \AA}$; в) изображение сделано с околоземной орбиты ИСЗ "SOHO", г, д) изображения сделаны с гелиоцентрической орбиты КА "STEREO-A и -B". Источник снимков: Интернет, страницы Службы Солнца (www.sec.noaa.gov).

активность определялась высокоскоростными потоками солнечного ветра от корональных дыр и ограничилась лишь ростом уровня возмущенности 14 и 21 июня, однако уровня магнитных бурь эти возмущения не достигли. На геостационарных орбитах 12 сут регистрировался высокий ($> 4 \times 10^7$) уровень потоков высокоэнергичных электронов.

Пятнообразовательная активность Солнца в **июле 2007 г.** значительно снизилась, и в последнюю декаду месяца на его видимом диске пятен не было. Трое суток в середине месяца наблюдались две небольшие группы пятен, в остальные дни – одна группа пятен. Максимальное относительное число Вольфа отмечено **14 июля** ($W = 27$). а минимальное – **20-**

31 июля ($W = 0$). Вспышечная активность была на низком уровне (вспышки балла C) 7–10 июля, она связана с выходом на видимый диск Солнца группы пятен среднего размера. Отметим, что в 2007 г. корональные дыры возникают, как правило, в Южном полушарии Солнца. Единственный выброс солнечного волокна наблюдался 9 июля. Возмущение от этого события пришло к Земле одновременно с прохождением нашей планетой высокоскоростного потока солнечного ветра от корональной дыры и секторной границы межпланетного магнитного поля. Совместное воздействие этих факторов вызвало 11 июля малую магнитную бурю в околоземном космическом пространстве. Другая малая магнитная буря зарегистрирована 14–15 июля как реакция магнитосферы Земли на прохождение высокоскоростного потока солнечного ветра от следующей корональной дыры. Всего за месяц было отмечено 4 сут с возмущенной геомагнитной обстановкой. На геостационарных орбитах только 2 сут регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

Солнечные космические обсерватории "STEREO-A и -B" (США; Земля и Вселенная, 2007, № 2) покинули орбиту Земли и вышли на гелиоцентрические орбиты. Они заняли удобное положение для стереосъемки Солнца и продолжают его наблюдения. К 25 августа 2007 г. КА "STEREO-A" находился на орбите впереди нашей планеты примерно на 0.05 а.е., а "STEREO-B" – отстал от Земли примерно на 0.05 а.е. Конечная цель проекта: 2010 г. – выход обоих аппаратов на 90° от линии Земля–Солнце и наблюдения солнечных активных явлений практически всего Солнца (<http://stereo.gsfc.nasa.gov>).

Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в Интернете по адресу: <http://www.izmiran.ru/space/solar/forecast>

Страница обновляется каждый понедельник.

В.Н. ИШКОВ
ИЗМИРАН

25–27 декабря 2006 г. в Институте космических исследований РАН прошла Всероссийская астрофизическая конференция “Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра – 2006” (Земля и Вселенная, 2007, № 4). Авторы нескольких докладов, прочитанных на конференции, подготовили статьи специально для нашего журнала.

Рентгеновский “хребет” Галактики

М. Г. РЕВНИВЦЕВ,
доктор физико-математических наук
Институт космических исследований РАН

Природа фонового рентгеновского излучения Галактики (рентгеновского “хребта” Галактики – слабосветящейся полосы рентгеновского излучения вдоль галактической плоскости) представляла собой загадку в течение более 25 лет. Практически все космические рентгеновские обсерватории начиная с 1970-х гг. использова-



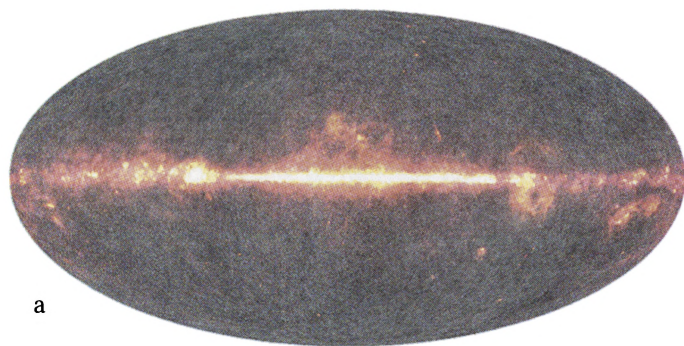
лись для исследования этого феномена. Протяженное излучение “хребта” имело все признаки, характерные для его формирования в очень горячей (с температурой более 10^8 K) плазме, однако механизм формирования такой плазмы в межзвездной среде и удержания ее в плоскости Галактики были совершенно не ясны.

Исследования Галактики в рентгеновском диапазоне с помощью инструментов последнего поколения показали, что “хребет” Галактики не есть результат излучения загадочной сверхгорячей межзвездной среды, а формируется при сложении вклада огромного числа слабых рентгеновских источников – **аккрецирующих белых карликов и коронально активных звезд**

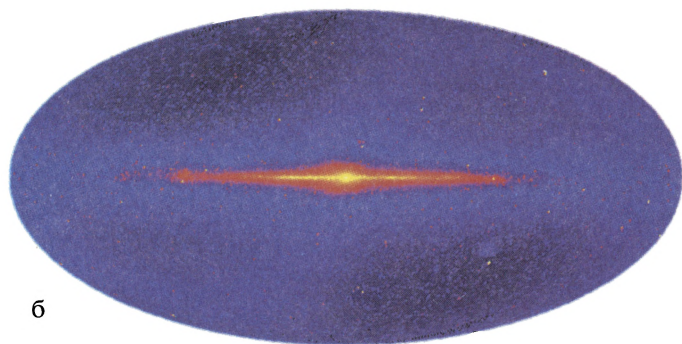
(то есть звезд, в коронах которых пересоединяющееся магнитное поле способно нагреть вещество до температур в миллионы и десятки миллионов градусов). Наблюдения “хребта” Галактики в жестком рентгеновском диапазоне, впервые ставшие возможными с помощью междугалактической космической рентгеновской обсерватории “Интеграл” (ESA; Земля и Вселенная, 2003, № 2),

позволили измерить среднюю массу белых карликов в нашей Галактике.

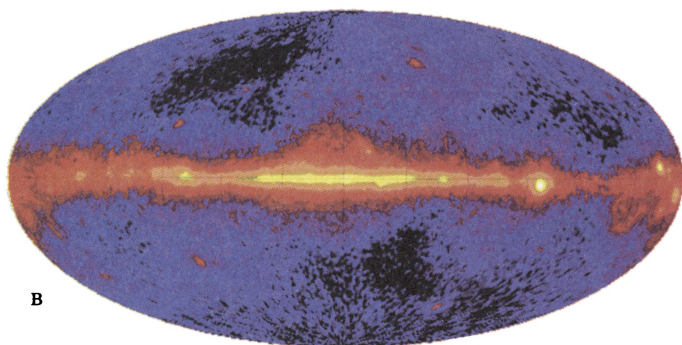
Излучение нашей Галактики в различных энергетических диапазонах возникает в разных местах и в результате различных физических процессов. Например, основное излучение Галактики в видимом и ближнем инфракрасном (длины волн от 4×10^3 Å до нескольких микрон) спектральных диа-



а



б



в

пазонах складывается из излучения старых и молодых звезд. В области далекого инфракрасного диапазона (длины волн приблизительно 100 мкм) основной вклад в излучение Галактики дает холодная межзвездная пыль. Высокоэнергичные электроны и протоны космических лучей (заряженные частицы высоких и сверхвысоких энергий, возникающие в ударных волнах

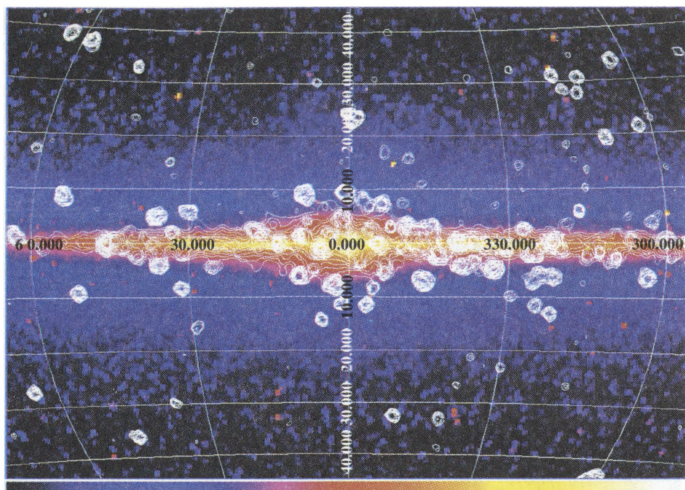
при взрывах сверхновых в Галактике) порождают мощное синхротронное излучение в радиодиапазоне (на частотах порядка ГГц), а также в области гамма-лучей ($> \text{МэВ}$).

В рентгеновском диапазоне энергий излучение Галактики в основном складывается из излучения нескольких десятков **сверхплотных нейтронных звезд** и **черных дыр**, аккрецирующих вещество

Карты Галактики в различных энергетических диапазонах: а) радиодиапазон (частота примерно 23 ГГц), по данным космической обсерватории "WMAP" (NASA). Высокоэнергичные электроны космических лучей в плоскости Галактики (яркая полоса на карте – галактический экватор) рождают синхротронное излучение, регистрируемое в радиодиапазоне; б) ближний инфракрасный диапазон (длина волны 4.9 мкм, прибор DIRBE космической обсерватории "COBE", NASA). Основной вклад дают обычные звезды типа Солнца; в) гамма-диапазон (более 100 МэВ, прибор EGRET Комптоновской космической гамма-обсерватории, NASA). Фотоны гамма-диапазона в плоскости Галактики рождаются при взаимодействии космических лучей (главным образом протонов и электронов) высоких энергий с веществом межзвездной среды. Интернет-сайт Института внеземной физики Общества им. Макса Планка (Германия).

со звезд-компаньонов. Эти компактные объекты (радиус типичной нейтронной звезды около 10 км при средней массе $1.4 M_{\odot}$, радиус черной дыры с массой $10 M_{\odot}$ соответствует 30 км), находясь в двойных системах с обычными звездами, постепенно перетягивают на себя содержимое обычной звезды. Вещество звезды в процессе продвижения к компактному объекту (то есть в процессе аккреции) разогревается до десятков и сотен миллионов градусов и излучает в рентгеновском диапазоне (энергии фотонов 1–10 кэВ). Уже первые систематические исследования Галактики в рентгеновском диапазоне (например, в 1971–1979 гг.

Центральная часть Галактики в ближнем инфракрасном (длина волны 4.9 мкм, цветная карта) и в рентгеновском (3–20 кэВ, космическая обсерватория “RXTE”, белые контуры) диапазонах энергий. Белые пятна на контурной карте – яркие рентгеновские источники, преимущественно аккрецирующие нейтронные звезды и черные дыры (из работы М.Г. Ревнивцева и др., 2006).



с космических обсерваторий “Uhuru” и “HEAO-1”; Земля и Вселенная, 1979, № 4) показали, что совокупное излучение нескольких десятков таких объектов дает большую часть полной светимости Галактики в данном диапазоне.

Однако дальнейшие исследования, в 1979–2003 гг., в том числе с помощью приборов космической рентгеновской обсерватории “RXTE” (NASA; Земля и Вселенная, 1997, № 2), имеющих гораздо лучшую чувствительность и угловое разрешение, чем “Uhuru” и “HEAO-1”, показали, что излучением этих ярких источников (аккрецирующие черные дыры и нейтронные звезды) не удастся объяснить всю рентгеновскую светимость Галактики. Остающееся излучение в форме полосы – “хребта” – вдоль галактического экватора похоже на излучение плазмы с температурой не менее 5–15 кэВ (10^8 К). Полная светимость “фонового” рентгеновского излучения “хребта” Галактики равна 10^{38} – 10^{39} эрг/с.

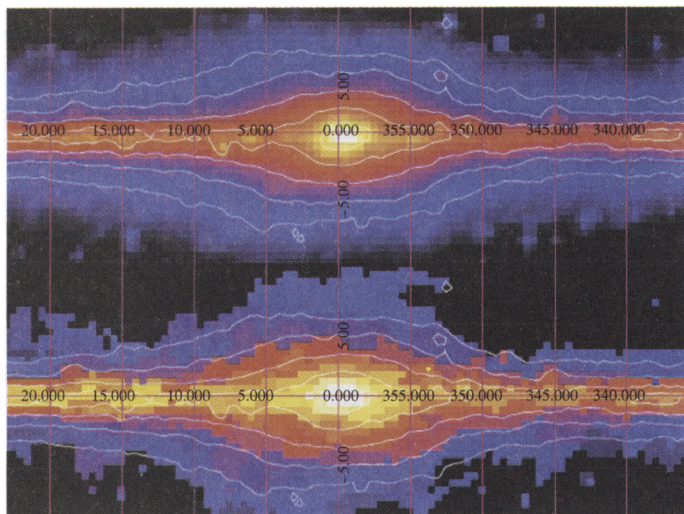
Объяснить существование “хребта” Галактики

множеством источников более слабых, чем обнаруженные при наблюдениях, было сложно из-за того, что точное число таких источников в Галактике оставалось неизвестным. Для того чтобы получить достаточно хорошие оценки плотности этого “населения” Галактики, требовался обзор всего неба, значительно превосходящий по чувствительности все ранее сделанные.

Альтернативная гипотеза формирования “хребта” Галактики в результате излучения диффузной горячей межзвездной плазмы также сталкивалась со значительными трудностями. Очень сложно было объяснить высокую температуру излучающей плазмы. Действительно, гравитационное поле диска нашей Галактики способно удержать плазму с температурой не выше нескольких миллионов кельвинов. Более горячая плазма должна просто свободно оттекать из Галактики, унося с собой огромное ко-

личество энергии (порядка 10^{43} эрг/с). Означает ли это, что в Галактике существует пока не известный нам колоссальный резервуар энергии или излучение “хребта” возникает в результате какого-то другого процесса? Поскольку источник “недостающей” энергии для гипотезы о диффузном происхождении “хребта” не был найден, а точное число слабых рентгеновских источников в Галактике было неизвестно, то природа образования “хребта” Галактики долгое время оставалась неразгаданной.

Важнейшим шагом к пониманию природы “хребта” Галактики стал новый обзор неба в рентгеновском диапазоне, полученный в ИКИ РАН с помощью наблюдений космической обсерватории “RXTE”. Удалось показать, что поверхностная яркость излучения “хребта” Галактики в рентгеновском диапазоне очень хорошо коррелирует с поверхностной яркостью Галактики в инфракрас-



Карты центральной части Галактики в ближнем инфракрасном (вверху, космическая обсерватория "COBE", NASA) и рентгеновском (внизу, космическая обсерватория "RXTE", NASA) диапазонах. В рентгеновском диапазоне карта построена только для потока в эмиссионной линии сильно ионизованного железа (энергия 6.7 кэВ), характерной для излучения "хребта" Галактики и полностью отсутствующая в излучении ярких рентгеновских источников – аккрецирующих нейтронных звезд и черных дыр. Хорошо видно, что карты Галактики в этих диапазонах практически идентичны (из работы М.Г. Ревнивцева и др., 2006).

ном диапазоне, где основной вклад в излучение дают обычные звезды типа нашего Солнца. Следовательно, существует прямая зависимость между числом звезд в заданном объеме Галактики и его рентгеновской светимостью. На первый план вышла следующая гипотеза: "фоновое" излучение Галактики порождается какой-то популяцией слабых (иначе они были бы уже обнаружены телескопами) звезд или звездных систем, присутствующих во

всей Галактике. Однако если такие звездные системы есть во всей Галактике, то они должны быть и в окрестностях Солнца на расстояниях, достаточно малых, чтобы их можно было изучать современными приборами.

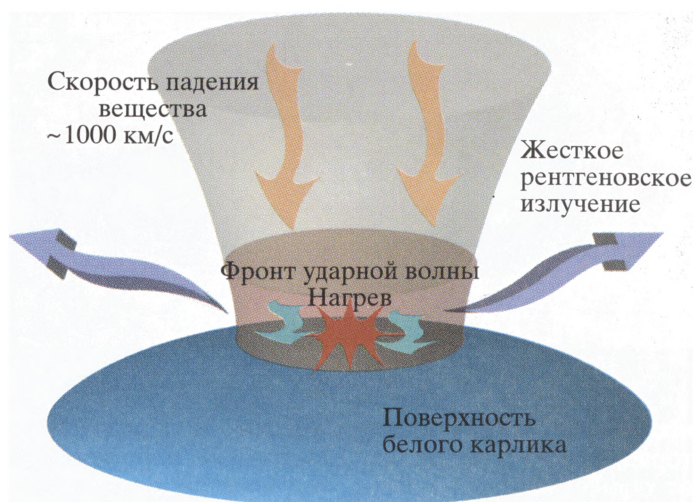
Наиболее многочисленными объектами малых рентгеновских светимостей в Галактике в диапазоне 10^{27} – 10^{34} эрг/с являются **аккрецирующие белые карлики** в двойных системах и **обычные звезды с активными корона-**

ми. Двойные системы с аккрецирующими белыми карликами аналогичны двойным системам с нейтронными звездами и черными дырами, только в этих системах место компактного объекта занимает белый карлик с плотностью до 1 т/см^3 . Вещество падает на белый карлик так же, как на нейтронную звезду или черную дыру, за исключением того, что ввиду гораздо большего размера белого карлика при меньшей массе (размер типичного белого кар-



Приблизительно так должны выглядеть аккрецирующие белые карлики в двойных системах. Вещество звезды-компаньона (красная звезда на заднем плане рисунка) перетекает в область преобладания гравитационного поля белого карлика и формирует аккреционный диск. Магнитное поле белого карлика разрушает аккреционный диск вблизи звезды и заставляет вещество падать на ее магнитные полюса. Рисунок М. Гарлик (Великобритания).

Рисунок, поясняющий аккрецию вещества на поверхность белого карлика с магнитным полем. У поверхности белого карлика формируется ударная волна, в которой вещество превращает свою кинетическую энергию в тепловую, нагреваясь до температур около 10^7 К. Это вещество (плазма) излучает в рентгеновском диапазоне.



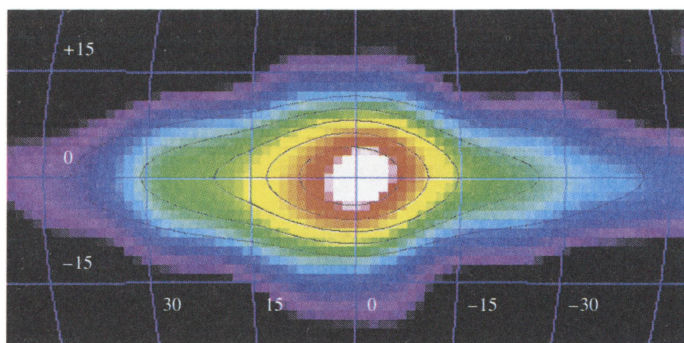
лика примерно равен размеру Земли, а масса – половине массы Солнца) энергия, выделяющаяся при падении единицы вещества на его поверхность, на несколько порядков меньше, чем при падении на нейтронную звезду. Типичные светимости известных аккрецирующих белых карликов – 10^{30} – 10^{33} эрг/с. Они вносят подавляющий вклад в излучение “хребта” на энергиях больше 5–10 кэВ. У коронально активных звезд светимость обычно меньше 10^{27} – 10^{31} эрг/с, и они светят в рентгеновском диапазоне за счет вспышек, возникающих при пересоединении магнитных силовых линий в короне звезд.

Современные приборы для наблюдения в рентгеновском диапазоне позволяют исследовать такие объекты на расстояниях, не превышающих 10^2 – 10^3 пк. Эти объекты распределены по значительной части неба (толщина диска Галактики в окрестностях Солнца – 200 пк, то есть уже сравнима с расстоянием до объекта), следовательно для изучения свойств их популяций, например функции светимости,

объемной плотности, необходим высокочувствительный обзор всей небесной сферы в рентгеновских лучах. Недавно проведенный анализ обзоров, выполненных в 1990–1998 гг. с помощью космической обсерватории “ROSAT” (NASA; Земля и Вселенная, 1996, № 1) и в 1996–2005 гг. с помощью обсерватории “RXTE” (NASA), показал, что коллективной светимости аккрецирующих белых карликов и коронально активных звезд вполне достаточно для объяснения излучения “хребта” Галактики. Число рентгеновских “активных” звезд в Галактике, дающих вклад в излучение “хребта”, около миллиарда, а аккрецирующих белых карликов – несколько миллионов.

Если “фоновое” излучение Галактики формируется в результате суммарного излучения множества коронально активных звезд и аккрецирующих белых карликов, то спектр “хребта” Галактики дол-

жен резко обрываться на энергиях выше нескольких десятков килоэлектронвольт, то есть количество фотонов, регистрируемых от “хребта” Галактики, на больших энергиях должно резко упасть. Это происходит в результате того, что вещество, падающее со скоростью порядка нескольких тысяч километров в секунду на белый карлик, может разогреться лишь до температур, не превышающих нескольких сотен миллионов кельвинов. Поэтому энергия фотонов, излучаемых такой плазмой, не может быть значительно выше этой величины (20–50 кэВ). Интересно, что форма обрыва спектра фонового излучения (температура излучающей горячей плазмы) зависит лишь от массы аккрецирующих белых карликов в Галактике, и, следовательно, измерение формы спектра “хребта” позволяет измерить среднюю по Галактике температуру плазмы, разогретой падением на поверх-



Карта "хребта" Галактики в жестком рентгеновском диапазоне 17–60 кэВ, по результатам наблюдений космической обсерватории "Интеграл". Черными контурами показаны области одинаковой поверхностной яркости Галактики в ближнем инфракрасном диапазоне (карта инфракрасного диапазона была сглажена с угловым разрешением карты "хребта", полученной обсерваторией "Интеграл"). Видно хорошее соответствие между изображениями Галактики в инфракрасном и жестком рентгеновском диапазонах (из работы Р.А. Кривоноса и др., 2007).

ность белых карликов, которая, в свою очередь, дает оценку средней массы белых карликов в нашей Галактике!

Между тем исследование "хребта" Галактики на таких энергиях долгое время представляло собой непосильную задачу. Основная проблема заключалась в том, что поверхностная яркость "хребта" очень мала, он представляет собой лишь слабосветящуюся полосу, проходящую примерно через четверть неба. Слабый сигнал фонового излучения Галактики, как правило, оказывался либо погребенным под потоком ярких рентгеновских источников (при большом поле зрения прибора), либо терялся в статистических ошибках измерений (при малом поле зрения прибора). Для того чтобы надежно изучать именно "хребет" Галактики, необходим был инструмент с большим полем зрения, причем способный избавиться от вклада ярких источников. Им стал телескоп *IBIS* космической обсерватории "Интеграл", позволивший накопить большой сигнал от слабосветящейся полосы

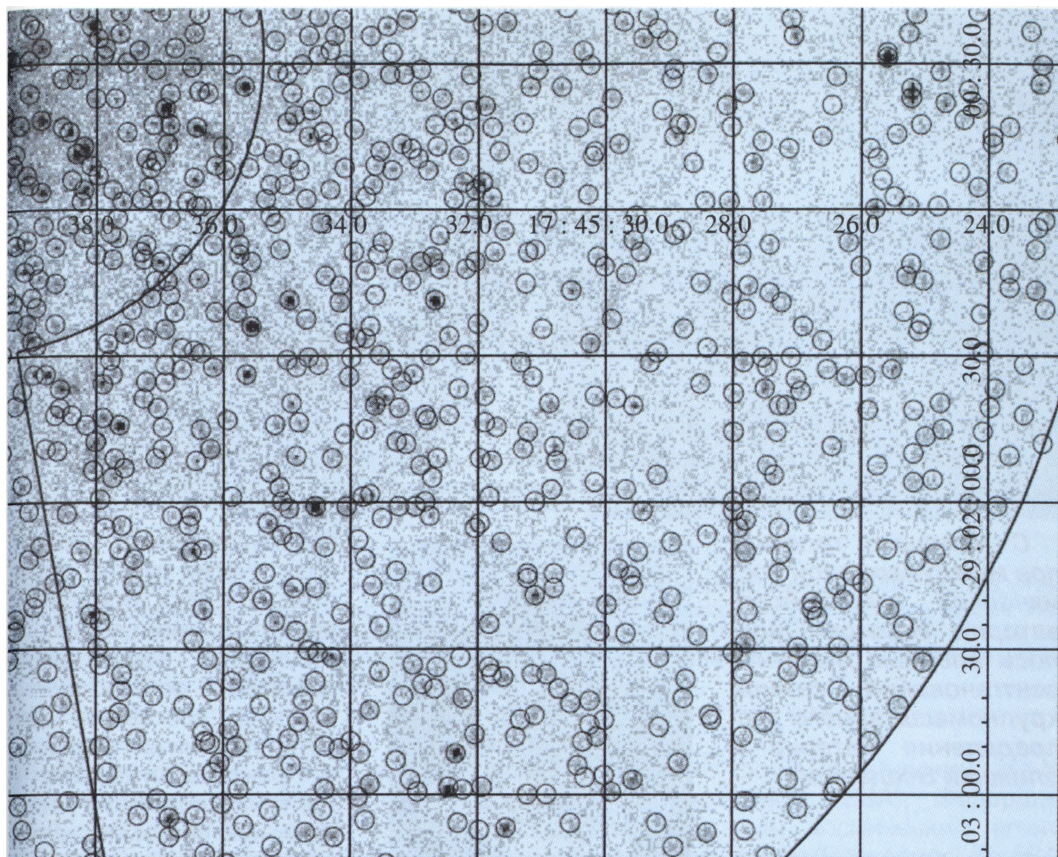
"хребта", а благодаря кодирующей апертуре (метод восстановления изображения, применяющийся в телескопах "Интеграла") удалось учесть вклад ярких источников, попавших в поле зрения. В результате наблюдений телескопа *IBIS* подтвердилось предсказание о поведении спектра фонового излучения Галактики. Действительно, на энергиях выше 20–40 кэВ яркость "хребта" резко падала. Масса белых карликов, оцененная по форме обрыва спектра (около половины массы Солнца), хорошо согласуется со значением, предсказываемым теорией эволюции звезд.

Согласно функции светимости слабых галактических источников после вычитания вклада двойных систем с аккрецирующими нейтронными звездами и черными дырами основной вклад начинают давать источники со светимостями 10^{29} – 10^{31} эрг/с. Значит, будучи отнесенными на расстояние центра Галактики, такие источники должны создавать на Земле рентгеновский поток 10^{-17} – 10^{-15} эрг/с/см², или 10^{-6} – 10^{-8} фотонов на

1 см² в 1 с. Интересно, что это примерно соответствует предельному потоку, который можно детектировать аппаратурой космической рентгеновской обсерватории "Чандра" (NASA; Земля и Вселенная, 2000, № 4), работающей на околоземной орбите с 1999 г. Нельзя ли, наблюдая с помощью "Чандры", увидеть предсказываемое множество слабых рентгеновских объектов в Галактике? Можно!

Анализ большого количества данных наблюдений "Чандры" в области **центра Галактики и галактической плоскости** подтвердил, что на потоках менее 10^{-14} эрг/с/см² действительно появляется много галактических источников, причем их число хорошо согласуется с предсказанием, сделанным на основе исследований популяции слабых источников в окрестностях Солнца!

Однако для того чтобы разрешить свыше 50% излучения "хребта" Галактики на точечные источники, существующих наблюде-



Область вблизи центра Галактики, по данным наблюдений космической обсерватории "Чандра" (диапазон 4–8 кэВ). Огромное число источников, хорошо видное на изображении, согласуется с предсказаниями теории формирования "хребта" Галактики в результате сложения потоков рентгеновских источников малой светимости (из работы М.Г. Ревнивцева и др., 2007).

ний космической обсерватории "Чандра" недостаточно. Необходимы наблюдения области галактической плоскости с экс-

позицией более 11 суток! Заявка на проведение такого наблюдения, поданная в этом году, была высоко оценена экспертной комиссией обсерватории "Чандра", и требуемое наблюдение наметили на 2008 год. Уникальность запланированного наблюдения состоит в том, что никакая другая существующая или планируемая в ближайшие 10–20 лет космическая рентгеновская обсерватория не способна получить нужный результат. Главное требование к

параметрам инструмента – высокое угловое разрешение, которое у телескопа "Чандры" – 1". Из-за худшего углового разрешения телескопов космических обсерваторий "XMM-Newton" (ESA), "Swift" и "RXTE" (NASA) глубокие наблюдения галактической плоскости этими обсерваториями гораздо раньше, чем телескоп достигнет необходимого уровня чувствительности, столкнутся с проблемой "слипания" точечных источников в поле зрения.

“Интеграл”: структура ближней Вселенной

Р. А. КРИВОНОС,
кандидат физико-математических наук
Институт космических исследований РАН

С помощью телескопов международной космической гамма-обсерватории “Интеграл” удалось впервые получить рентгеновский снимок крупномасштабного распределения материи в ближней Вселенной.

Еще в начале XX в. из наблюдений неба оптическими телескопами было известно, что звезды не распределены равномерно во Вселенной, а входят в состав звездных систем — галактик. Самая заметная из них — наша Галактика (Млечный Путь). Позже было найдено множество других галактик. Совершенствование наблюдательной техники и проведение систематических наблюдений далеких галактик позволили уже к середине XX в. сделать ряд открытий, в том числе обнаружить **Местное сверхскопление галактик** с центром в созвездии Девы. Млечный Путь находится на периферии этого скопления, удаленного от нас

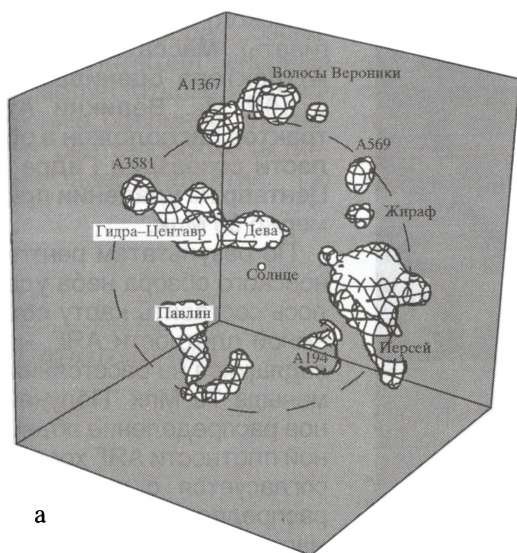


на расстояние около 15 Мпк. К настоящему времени известны агломерации галактик, значительно превышающие по массе и размерам Местное сверхскопление, например *комплекс сверхскоплений Гидра — Центавр* и концентрация галактик в поясе созвездий Персей — Рыбы. Используя данные о лучевых скоростях галактик, удалось построить трехмерную картину крупномасштабной структуры ближней Вселенной. Галактики располагаются в скоплениях и протяженных структурах (“нитех”)

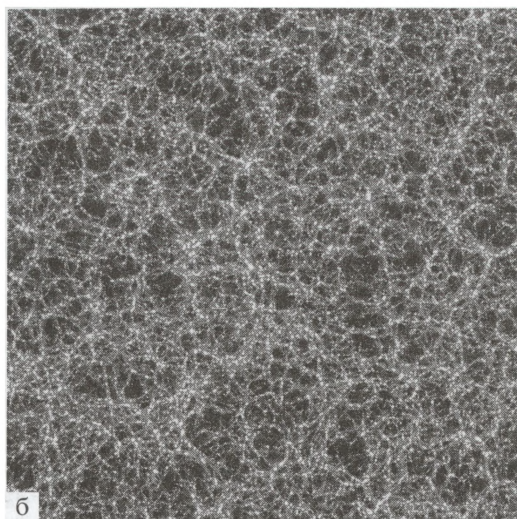
преимущественно вокруг практически пустых областей, то есть Вселенная вокруг нас имеет ячеистую структуру. Характерный масштаб обнаруженных структур составляет десятки и сотни мегапарсек.

Практически каждая галактика содержит центральную сверхмассивную черную дыру, которая в разное время своей “жизни” может стать **активным ядром галактики (АЯГ)**, излучающим в широком диапазоне длин волн электромагнитного спектра. Следовательно, не исключено, что АЯГ, проявляющие себя, в частности, в рентгеновском диапазоне, будут играть роль индикаторов крупномасштабной структуры Вселенной. Проводя систематические наблюдения (обзоры) таких источников, можно построить картину распределения объемной плотности вещества во Вселенной.

Глубокие (высококонтрастные) обзоры, выполненные недавно с помощью космических обсерваторий “Чандра” и



а



б

Крупномасштабная структура Вселенной: а) смоделированное распределение объемной плотности вещества (красное смещение $z = 0$; сторона куба – 100 Мпк). Интернет-сайт Университета Вашингтона; б) в ближней Вселенной видимая масса сосредоточена в областях созвездий Дева, Персей, Волосы Вероники и Гидра – Центавр. Основная масса вещества сконцентрирована в “узлах” и “нитеях” (из статьи Худсона, *MNRAS*, т. 265, № 1, 1993).

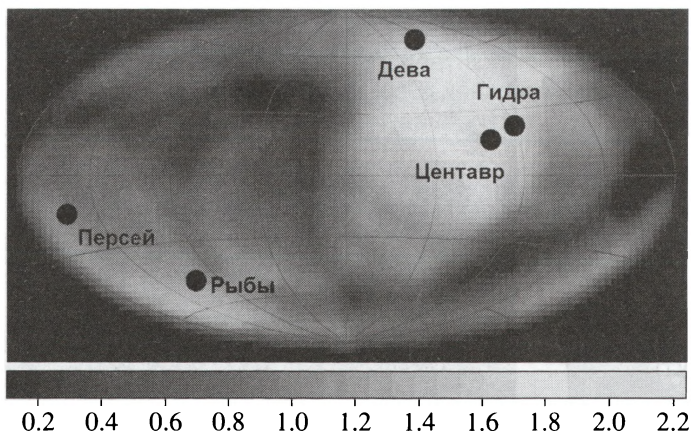
“XMM-Newton” в мягком рентгеновском диапазоне (2–10 кэВ), дали обширную информацию о космологической эволюции активных ядер галактик и росте сверхмассивных черных дыр. Следует отметить важный результат, полученный в глубоких рентгеновских обзорах неба: открыто множество АЯГ на средних и больших красных смещениях, находящихся в плотном пылевом окружении, поглощающем рентгеновские фотоны малых энергий. Такие объекты можно не заметить при наблюдениях в стандартном рентгеновском диапазоне, и, следовательно, для их обнаружения необходимо провести обзор неба в жестком рентгеновском диапазоне (более 20 кэВ), где фотоны способны преодолеть пыле-

вое окружение ядра и достичь наблюдателя. Последний систематический обзор всего неба на этих энергиях был проведен на космической обсерватории “HEAO-1” в 1977–1979 гг. Несмотря на стремительное развитие наблюдательной техники, возможность провести новый обзор всего неба в жестком рентгеновском диапазоне появилась только сейчас, с помощью современной орбитальной гамма-обсерватории “Интеграл”.

Научные приборы космической астрофизической гамма-обсерватории “Интеграл” включают телескопы для проведения наблюдений в жестком рентгеновском и гамма-диапазоне (Земля и Вселенная, 2003, № 2). Обсерватория создана Европей-

ским космическим агентством (ESA), Федеральным космическим агентством (Роскосмос) и NASA. Спутник был выведен на высокоапогейную орбиту в октябре 2002 г. российской РН “Протон”.

За четыре года успешной работы обсерватории “Интеграл” накоплен огромный массив данных. По инициативе российских ученых (ИКИ РАН) с помощью специализированных наблюдений внегалактических полей удалось провести наиболее чувствительный на данный момент обзор всего неба в жестком рентгеновском диапазоне энергий, на порядок превосходящий по чувствительности предшествующий обзор космической обсерватории “HEAO-1”. Глубина обзора достаточна для того, что-



Карта объемной плотности близких (расстояние меньше 70 Мпк) активных ядер галактик из обзора всего неба международной космической гамма-обсерватории "Интеграл". Каждый элемент карты представляет собой распределение плотности рентгеновских источников со светимостью выше 1042 эрг/с, измеренной в телесном угле 1.8 стерadians ($102.6^\circ \times 102.6^\circ$). Шкала измерения внизу рисунка. Единица шкалы соответствует плотности 0.0002 источника на кубический мегапарсек. Заметно увеличение плотности АЯГ более чем в два раза относительно этого значения в области Великого Аттрактора (слева вверху и справа, область созвездий Гидра–Центавр) и в сверхскоплении Персей – Рыбы (слева внизу). Контурами показана поверхностная плотность галактик по результатам инфракрасного обзора неба, выполненного космической обсерваторией "IRAS".

бы исследовать крупномасштабную структуру ближней Вселенной. Активные ядра галактик с типичными светимостями детектируются вплоть до расстояний 300–400 Мпк. В ходе обзора удалось обнаружить более 400 объектов рентгеновского излучения, в основном галактического происхождения. Более 100 из обнаруженных источников являются близкими активными ядрами галактик. В предположении равномерного распределения источников в пространстве была получена важная характеристика популяции АЯГ – функция светимости. С ее помощью были сделаны оценки объемной плотности АЯГ и их излу-

чательной способности в местной Вселенной.

Однако ввиду наличия крупномасштабной структуры в ближней Вселенной предположение об однородности распределения источников – очевидно, слишком большое упрощение. Как известно из инфракрасных и оптических обзоров галактик, на расстояниях меньше 100 Мпк находятся три большие концентрации массы: ближайшее к нам скопление галактик в созвездии Девы (расстояние около 15 Мпк, масса порядка $10^{15} M_\odot$), **сверхскопление в поясе созвездий Персей – Рыбы** (расстояние 50 Мпк, масса $7 \times 10^{15} M_\odot$) и, наконец, сверхскопление **Великий Аттрактор** (от ан-

глийского "attract" – притягивать). **Масса Великого Аттрактора оценивается в $10^{16} M_\odot$. Великий Аттрактор расположен в области созвездий Гидра – Центавр на удалении примерно 65 Мпк.**

По результатам рентгеновского обзора неба удалось составить карту объемной плотности АЯГ, находящейся на расстояниях меньше 70 Мпк. Полученное распределение объемной плотности АЯГ хорошо согласуется с известным распределением видимой массы в ближней Вселенной. Области повышенной плотности активных ядер галактик на карте совпадают с положениями концентраций массы в скоплении Девы и области Великого Аттрактора.

Для того чтобы качественно продемонстрировать согласие обнаруженной анизотропии с крупномасштабной структурой ближней Вселенной, была сделана выборка галактик из инфракрасного обзора всего неба космической обсерватории "IRAS" (1983). Поверхностная плотность инфракрасных галактик была измерена в тех же областях, что и плотность активных ядер галактик из обзора "Интеграла". Результаты, полученные из обзора "Интеграла", хорошо согласуются с результатами обзора "IRAS" и показывают анизотропию распределения массы в ближней Вселенной.

Таким образом, анализ пространственного распределения близких (менее 70 Мпк) внегалактических источников, обнару-

женных в обзоре обсерватории "Интеграл", впервые позволил открыть анизотропию объемной плотности рентгеновских активных ядер галактик. По

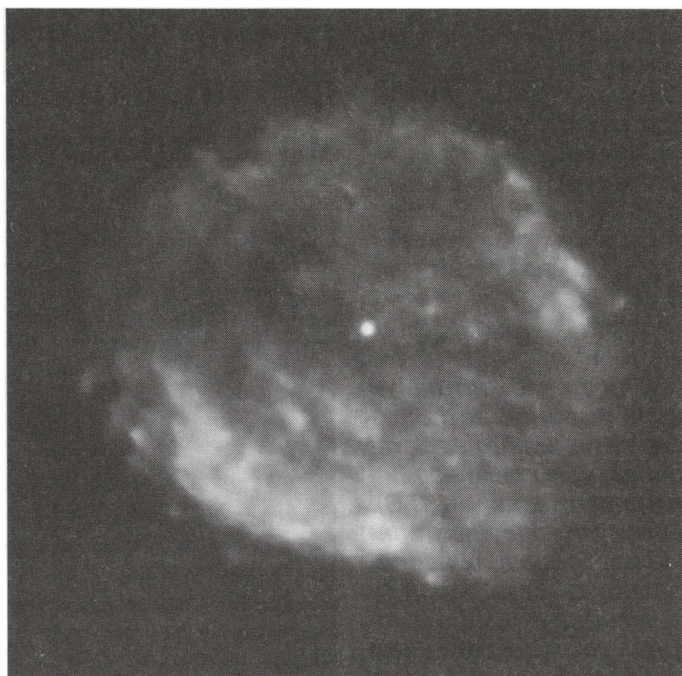
всей видимости, она связана с крупномасштабной структурой ближней Вселенной. Области повышенной плотности жестких рентгеновских АЯГ хо-

рошо согласуются с положением близких сверхскоплений в созвездиях Девы, Персея и Рыбы, а также с положением Великого Аттрактора.

Информация

"Чандра": снимки необычной нейтронной звезды

Недавно космическая рентгеновская обсерватория "Чандра" ("Chandra", США; Земля и Вселенная, 2000, № 4; 2005, № 3) получила новое изображение остатка сверхновой и нейтронной звезды, образовавшихся 2 тыс. лет назад. Остаток сверхновой в созвездии Наугольника – туманность RCW 103 – находится на расстоянии около 10 тыс. св. лет от Земли. В течение многих лет астрономы пытались понять причину необычных изменений рентгеновского излучения нейтронной звезды. Новые данные позволили определить ее период вращения в центре остатка – 6.7 ч (!), что на удивление много для объектов такого возраста. Выдвинуто предположение: взрыв



Остаток сверхновой RCW 103. Яркий объект в центре – нейтронная звезда. Снимок получен космической рентгеновской обсерваторией "Чандра" в начале 2007 г., NASA.

звезды произошел в присутствии маломассивной звезды-соседки, которая невидима. Не исключено, что перетекающий от нее на нейтронную звезду газ приводит к усилению рентгеновского излучения, а взаимодействие

магнитных полей за многие годы затормозило вращение нейтронной звезды.

Пресс-релиз Гарвардского университета и NASA,
16 июля 2007 г.

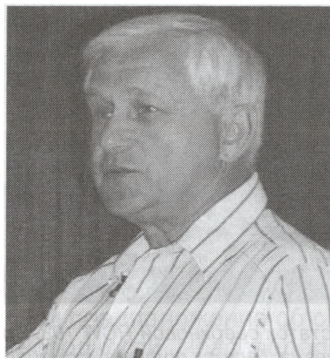
Всплески космического гамма-излучения: наблюдения и моделирование

Г. С. БИСНОВАТЫЙ-КОГАН,

доктор физико-математических наук

Институт космических исследований РАН, Объединенный институт
ядерных исследований (Дубна)

Вряд ли можно найти в современной астрофизике явление более загадочное, чем космические гамма-всплески (КГВ). Несмотря на существенный прогресс в их исследованиях, связанный с рентгеновским и оптическим отождествлением некоторых из них, остаются не ясными источники энергии и механизмы излучения, нет также уверенности в том, что все КГВ имеют одинаковое происхождение. Не исключено, что они имеют различную природу и



объединены только одним общим свойством: основная часть излучения всех гамма-источников приходится на область жесткого рентге-

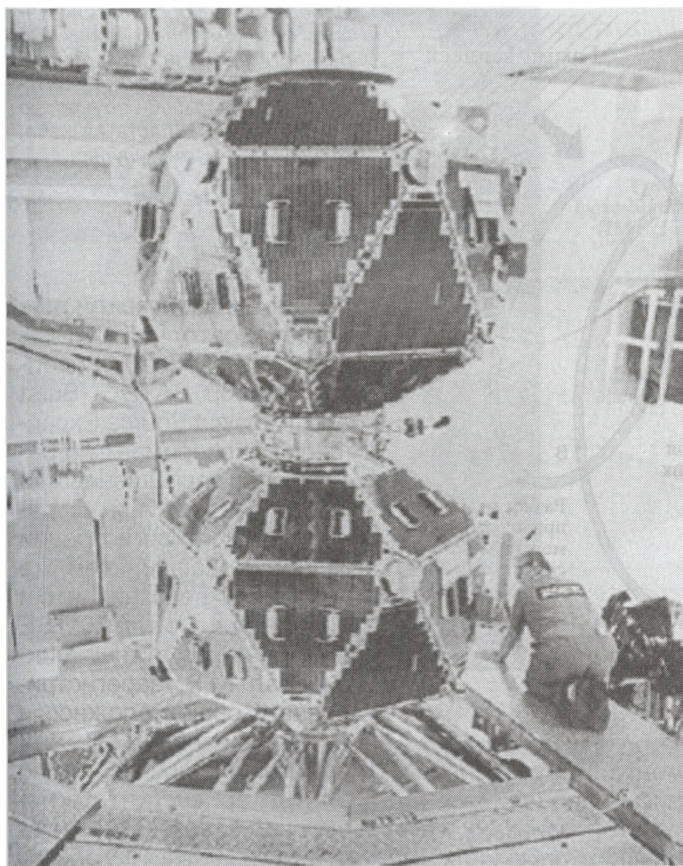
новского и мягкого гамма-излучения энергией 50–500 кэВ. Однако спектры излучения КГВ гораздо шире. Излучение самых мощных из них регистрируется в различных диапазонах спектра, вплоть до оптики, инфракрасного и радиодиапазона. В жесткой области излучение КГВ зарегистрировано в диапазоне до 2×10^{10} эВ. Предполагается даже, что их спектры простираются до области сверхвысоких энергий гамма-квантов – 10^{12} – 10^{15} эВ.

ОТКРЫТИЕ И ИЗУЧЕНИЕ КГВ

Космические гамма-всплески были открыты благодаря тому, что попали в область регистрации излучения энергии во время ядерных испытаний на Земле. На орбиту вокруг Земли в 1960-х гг. запустили систему спутников се-

рии “VELA” (США), которые и зарегистрировали странное гамма-излучение, идущее не от Земли, а из космоса. Сообщение об этом открытии опубликовали в 1973 г. сотрудники Лос-Аламосской лаборатории США (штат Нью-Мексико) Р. Клебесадель, И. Стронг и Р. Олсон. Не-

земное происхождение гамма-импульсов удалось установить благодаря спутникам “VELA-5A, -5B, -6A и -6B”, с помощью которых была проведена триангуляция импульсов. Время прихода гамма-импульса на каждом из спутников регистрируется с большой точностью. По разности



Американские спутники "VELA-5A и -5B" во время подготовки к полету (запущены 23 мая 1969 г.). С их помощью были открыты космические гамма-всплески. Фото Центра космических полетов им. Маршалла. NASA.

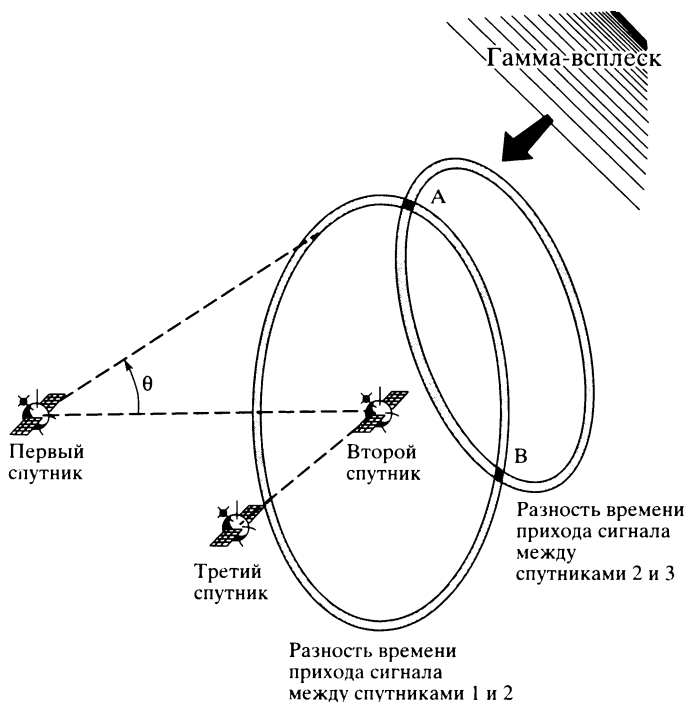
этих времен определяется область на небе, откуда мог прийти импульс. Два ИСЗ выделяют на небесной сфере окружность, откуда могли прийти сигналы. Три спутника определяют на этой окружности две допустимые точки, а в случае четырех и более КА определяется однозначно направление, откуда приходит импульс. Когда выяснили астрономическое происхождение КГВ, начали их всесторонне исследовать. На ИСЗ и многих АМС устанавливались приборы для регистрации КГВ, что позволило при участии десятка спутников выполнить триангуляцию и

уже к началу 1980-х гг. локализовать некоторые мощные всплески с точностью, достигающей десятков угловых секунд. Ученые глубоко исследовали области локализации нескольких КГВ в оптике, но это не привело к положительному результату: ничего необычного в этих областях не было, кроме слабых звезд и галактик. Триангуляционный метод определения направления требовал длительной обработки результатов, поэтому между гамма- и оптическими наблюдениями был большой промежуток.

Очевидно, что с уменьшением времени локали-

зации вероятность оптического отождествления должна возрасти, так как излучение в гамма- и других диапазонах, возможно, одинаковой природы и свойств переменности. *Оптический партнер* мог бы оказаться столь же кратковременным, как и КГВ, длительность которых редко превышает несколько сотен секунд, а длительность самых коротких из них достигает десятков миллисекунд.

Систему, позволяющую получить быструю, хотя и не очень точную (с областью ошибок порядка нескольких градусов) локализацию КГВ, впервые применила в советском эксперименте "Конус" группа специалистов Ленинградского физико-технического института под руководством Е.П. Мазеца. Принцип действия прибора Конус основан на использовании зависимости чувствительности детектора от направления падения на него гамма-импульса, максимального при перпендикулярном падении. Прибор состоит из трех взаимно перпендикулярных детекторов, с помощью которых можно получить точность локализации в несколько угловых градусов в зависимости от

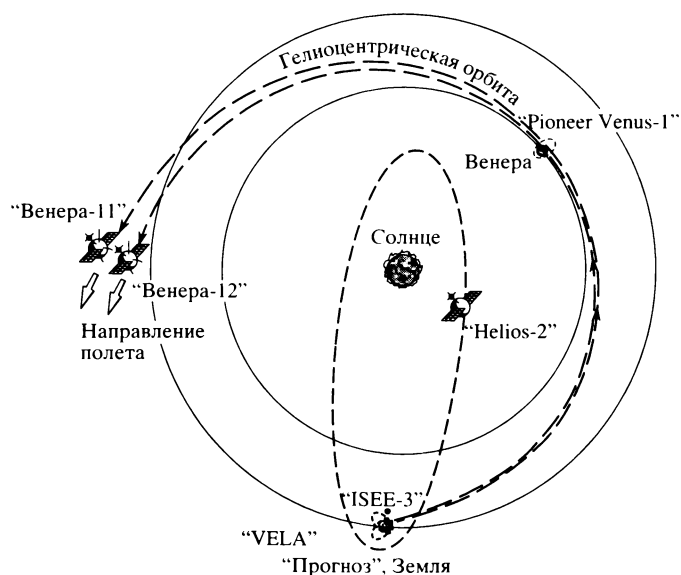


Определение координат источника методом триангуляции. По разности времени прихода гамма-всплеска на каждом из спутников с большой точностью определяется область на небе, откуда мог прийти импульс.

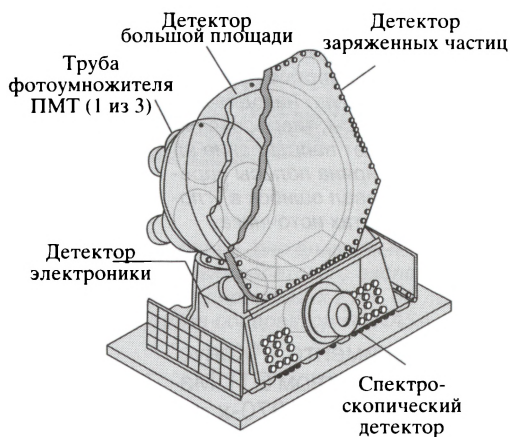
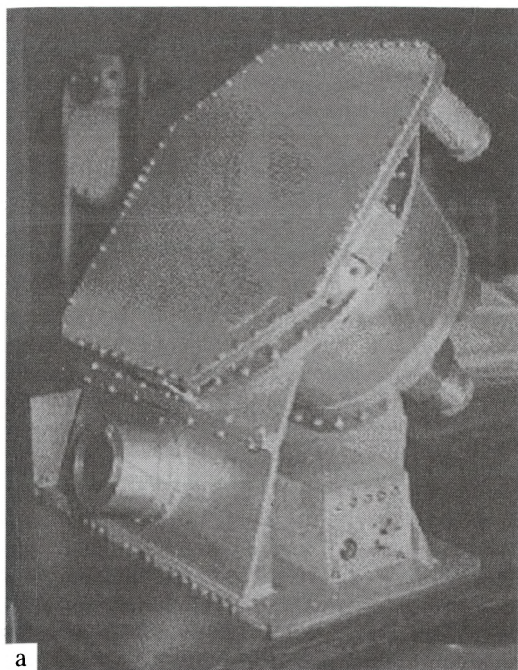
яркости КГВ. Прибор Конус был установлен на АМС «Венера-11 и -12», запущенных к Венере в сентябре 1978 г. Впоследствии приборы для экспе-

римента «Конус» использовались на различных советских, российских и американских спутниках (например, на современном ИСЗ «Wind»). На Компто-

новской космической гамма-обсерватории («CGRO», США) в 1991–2000 гг. работал прибор BATSE (Burst And Transient Source Experiment – эксперимент по регистрации вспыхивающих и быстропеременных источников) для регистрации КГВ, обладавший тем же принципом действия, что и аппаратура Конус. BATSE примерно раз в день фиксировал КГВ, зарегистрировав в общей сложности более 3 тыс. КГВ при чувствительности около 3×10^{-8} эрг/см², что в несколько раз выше чувствительности первого эксперимента «Конус». При этом Конус имел преимущество, так как будучи установленным на межпланетной станции обладал практически постоянным гамма-фоном. «CGRO» пролетала радиационные пояса Земли, где гамма-фон возрастал в несколько раз, что увеличивало ошибки в определении энергии КГВ и в точности

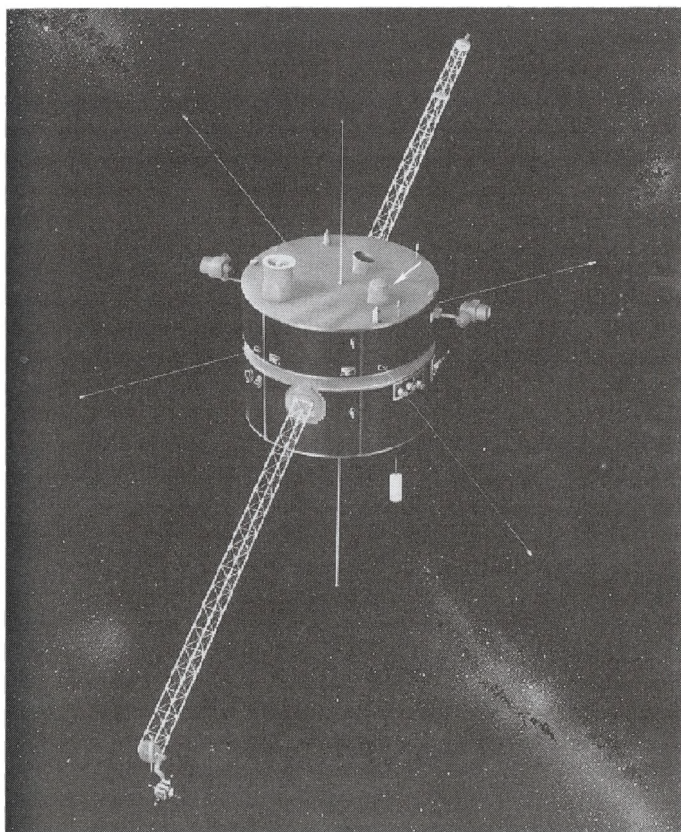


Система космических аппаратов (ИСЗ «ISEE-3», «Прогноз», «VELA» и АМС «Венера-11, -12», «Helios-2», «Pioneer Venus-1»), позволившая в начале 1980-х гг. методом триангуляции локализовать КГВ с точностью долей угловой минуты. Проекция на плоскость эклиптики.



б

Прибор BATSE для регистрации космических гамма-всплесков: а) общий вид, б) схема датчика. Фото и рисунок NASA.

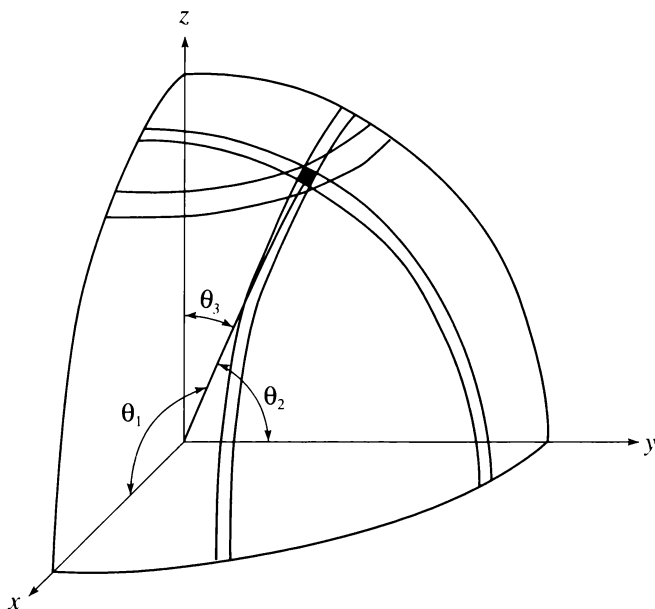


локализации допустимой области прихода импульса. В эксперименте BATSE на "CGRO" установили восемь подобных детекторов гамма-всплесков. При использовании на КА нескольких аналогичных приборов можно вести непрерывное наблюдение почти всей области неба.

Однородное распределение КГВ на небесной сфере впервые получили

Американский научный спутник "Wind" (запущен 1 ноября 1994 г.), на верхней и нижней платформе которого установлено два прибора Конус (один из них показан стрелкой). Рисунок NASA.

Определение направления на источник излучения в приборах Конус и BATSE. Указаны углы, образованные падающим лучом с перпендикулярами к плоскостям трех взаимно перпендикулярных детекторов. Измеряя показания трех детекторов с известной зависимостью чувствительности от угла, находят три дуговые полосы, пересечение которых задает направление на источник. Ширина полосы определяет интервал ошибок в угловых координатах источника.

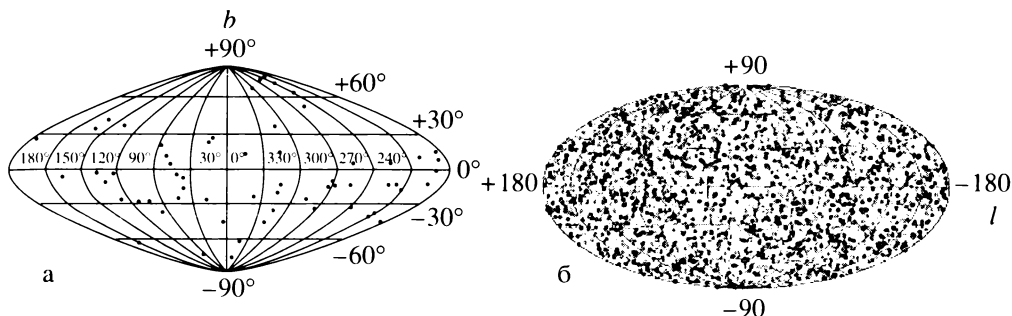


в эксперименте "Конус" под руководством Е.П. Мазица в конце 1970-х гг. (за 384 дня обнаружено 143 КГВ), а затем оно подтвердилось в эксперименте BATSE, зарегистрировавшем в 1991–2000 гг. более 3 тыс. КГВ.

Большое число КГВ, зарегистрированных в эксперименте BATSE, не привело к существенному прогрессу в наших представлениях о природе КГВ. Качественный скачок произошел благодаря результатам, полученным на итальянском научном спутнике "Беппо-САКС" ("Beppo-SAX" – Beppo Satellite per Astronomia X-ray), названном в честь итальянского физика и астрофизика Джузеппе (Беппо) Очиаolini. ИСЗ запустили в 1996 г., он оснащен двумя рентгеновскими телескопами. На нем использована другая схема локализации КГВ, это и привело к успеху: были найдены оптические послесвечения некоторых КГВ. Значительная часть энергии КГВ идет в жесткой рентгеновской области, поэтому первичная регистрация

КГВ проводилась широкоугольным рентгеновским телескопом с кодирующей маской в области 2–30 кэВ. Такой телескоп позволял локализовать источник с точностью до десяти угловых минут. Второй телескоп, предназначенный для мягкого рентгеновского излучения (0.1–10 кэВ), сразу наводился на определенное место, что позволяло уменьшить область локализации до угловой минуты. После достижения столь высокой точности информацию передавали на различные наземные обсерватории, где ученые исследовали область локализации подробнее. По такой схеме КГВ регистрировались в ограниченной области неба площадью около 1 стерадиана (примерно $57^\circ \times 57^\circ$). Имея столь быструю и точную локализацию, в 1997 г. удалось отождествить первый оптический КГВ в ис-

точнике GRB 970228, получить оптический спектр послесвечения, найти красное смещение и установить его космологическую природу. Название КГВ содержит шесть цифр: год, месяц и дата всплеска. Даже в этой схеме между регистрацией КГВ и его оптическим отождествлением проходит не меньше часа. Получить спектр на большом телескопе можно с еще большей задержкой во времени. Единственное наблюдение прямого оптического излучения КГВ было проведено в источнике GRB 990123, имеющего экваториальные координаты: $\alpha = 15^h 25^m 29.0^s$, $\delta = +44^\circ 45' 30''$. Это наблюдение по счастливой случайности начато всего лишь через 22 с после регистрации источника в гамма-области. Оптический партнер КГВ оказался довольно ярким, достигающим в оптике 8–9^м, од-



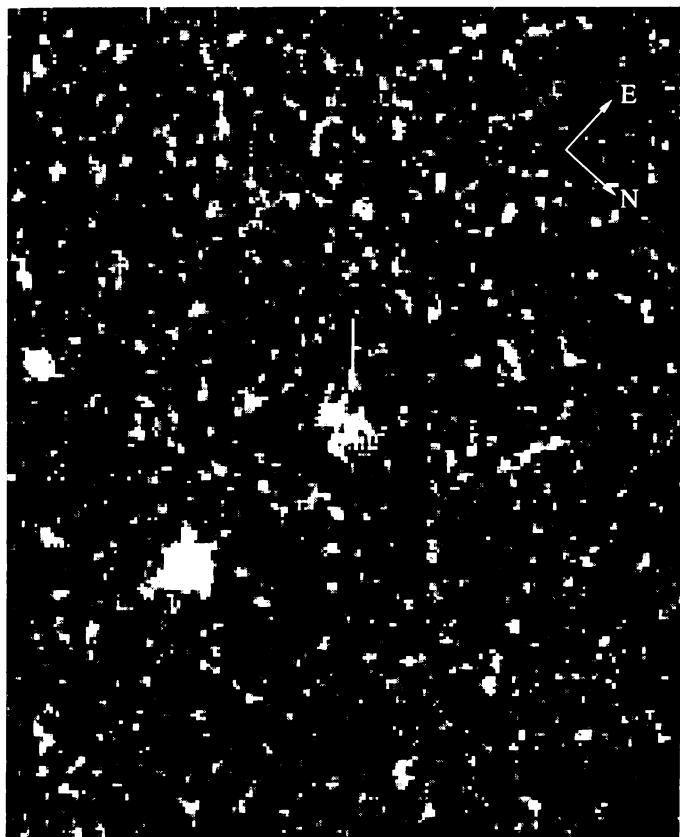
Распределение космических источников гамма-всплесков на небесной сфере (оно близко к изотропно-му; координаты галактические l и b): а) несколько десятков КГВ, по данным советского эксперимента "Конус" на АМС "Венера-11 и -12" (1978–1979); б) 2707 из 3 тыс. зарегистрированных КГВ, по данным американского эксперимента BATSE на Комптоновской космической гамма-обсерватории (NASA, 1991–2000).

нако это яркое свечение длилось недолго, всего несколько сот секунд, что сравнимо с длительностью самого КГВ.

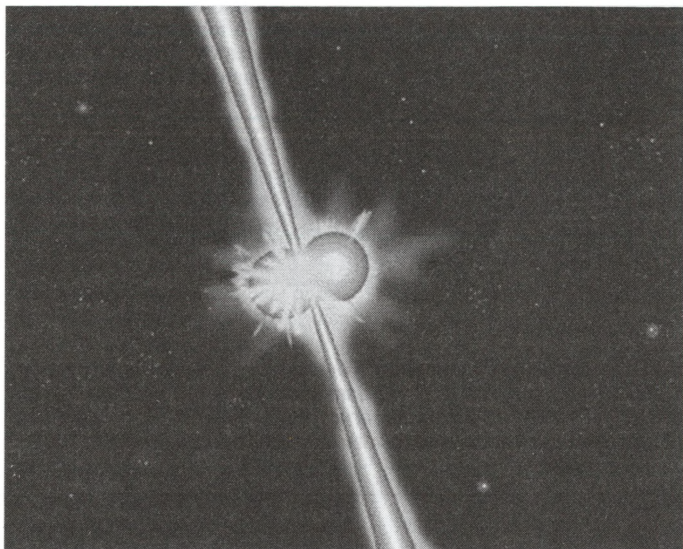
КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

В настоящее время общепринятым считается космологическое проис-

хождение космических гамма-всплесков. Первая космологическая модель, основанная на взрывах в активных ядрах галактик, предложена О.Ф. Прилуцким и В.В. Усовым в 1975 г. Ранние модели возникновения КГВ при коллапсах и взрывах сверхновых были рассмотрены в том же году в статье автора совместно с В.С. Имшенником, Д.К. Надёжиным и В.М. Чечёткиным. Там же



Оптический партнер (отмечен стрелкой) космического гамма-всплеска GRB 970228 наблюдался между 26.33 и 26.49 марта 1997 г. по Всемирному времени, примерно через 26 сут после КГВ, и снова между 7.15 и 7.32 апреля, через 39 сут после всплеска. Суммарное сглаженное изображение получено с разрешением 0.045". Стрелки в правом углу показывают направления на север (N) и восток (E), полный угловой размер изображения – 11.5" × 11.5". Точечный источник, связанный с КГВ, находится в центре на 0.3" к северу от более яркого протяженного источника. Снимки получены в марте-апреле 1997 г. KTX, NASA.



Две сливающиеся нейтронные звезды, формирующие гамма-всплеск. Рисунок. Сайт NASA.

рассмотрена другая модель КГВ в нашей Галактике, связанная с процессами, происходящими на нейтронных звездах. Звездотрясение, последующий ядерный взрыв и выброс из неравновесного слоя, находящегося в коре нейтронной звезды, сопровождаются гамма-излучением из-за деления сверхтяжелых ядер. Красные смещения линий в оптических послесвечениях и их оптическое отождествление, ставшее возможным благодаря рентгеновским наблюдениям КГВ на ИСЗ "Верро-SAX", были открыты только в длинных КГВ, протяженностью более двух секунд. Галактические модели представляют собой не только исторический интерес, так как происхождение коротких КГВ длительностью меньше 2 с остается не определенным.

Вероятная модель космологического КГВ – коллапс ядра звезды большой

массы с формированием черной дыры, окруженной толстым массивным вращающимся диском (тором). Быстрое падение вещества диска на черную дыру в результате магниторотационных процессов сопровождается огромным энерговыделением. При этом формируется поток нейтрино, излучения и электронно-позитронных пар, что может быть источником рождения КГВ в виде достаточно узких направленных выбросов. Не исключено, что КГВ рождаются в экзотических процессах, связанных с космическими струнами или антивеществом.

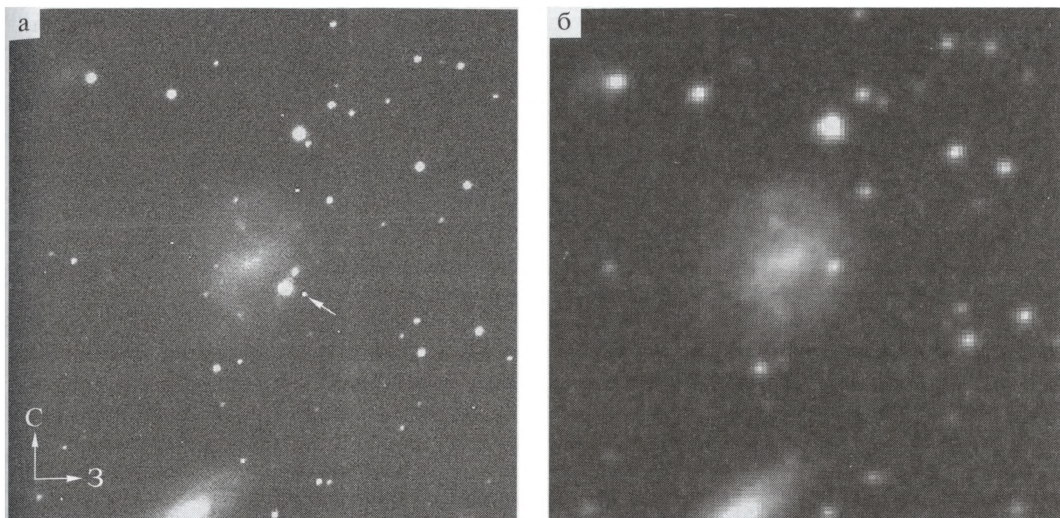
источники
космологических КГВ

Основная проблема в моделировании КГВ связана с необходимостью объяснения, почему происходит выделение гигантского количества энергии (10^{51} – 10^{54} эрг) за очень ко-

роткое время (0.1–100 с). В качестве источников энергии КГВ предлагаются различные модели, из которых наиболее популярны следующие.

Слияние двух нейтронных звезд либо нейтронной звезды с черной дырой звездной массы. Гамма-излучение в этом случае происходит в результате аннигиляции нейтрино – антинейтринных пар. Выход энергии оказывается недостаточным для объяснения самых мощных КГВ, даже если предположить, что гамма-излучение сильно коллимировано и весь поток энергии идет в узком конусе. Энергия, излучаемая только в оптическом послесвечении источника GRB 990123, примерно на порядок превышает полный выход энергии излучения в этой модели. Для коротких КГВ, космологическая природа которых не доказана, такая модель не более чем рабочая.

Модель гиперновой. Под гиперновой понимают очень мощную сверхновую, где выделение кинетической энергии примерно на порядок выше, чем у обычной сверхновой. В настоящее время эта модель очень популярна, так как считается, что следы вспышек сверхновых найдены в оптических послесвечениях нескольких КГВ. Сфотографирован взрыв гипер-



Гиперновая 1998bw (отмечена стрелкой): а) момент взрыва (снимок сделан с помощью 3.5-м телескопа новой технологии (NTT) Европейской Южной Обсерватории), ESO; б) та же область неба до взрыва (цифровой обзор неба SDSS, 2003–2004). Сайт "SDSS/Sky Server".

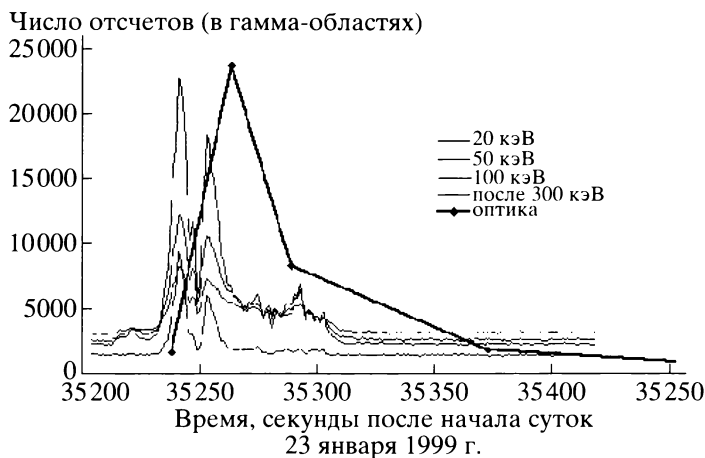
новой 1998bw (год и номер по каталогу), время и место взрыва которой совпадает со вспышкой GRB 980425. Модель излучения сильно замагниченной быстро вращающейся вновь рожденной нейтронной звезды как источника КГВ предложена В.В. Усовым в 1992 г. В другой модели гиперновой рассматривается коллапс массивного ядра с образованием черной дыры массой около $20 M_{\odot}$ и окруженной массивным замагниченным диском. Быстрая аккреция такого диска, возможно, приводит к явлению КГВ. Такая модель представляется в настоящее время наиболее перспективной. Массивные звезды, коллапсирующие с образованием черных дыр и КГВ, к моменту начала коллапса, по всей вероятности, были звездами типа Воль-

фа–Райе (Земля и Вселенная, 1994, № 2; 1999, № 3). Напомним, что это очень яркие массивные компактные звезды, которые потеряли свою водородную оболочку из-за истечения вещества в процессе предшествующей эволюции. На это указывает также тип сверхновой SN Ib/c. Такие сверхновые относятся к объектам с коллапсирующим ядром, в спектрах которых отсутствуют водородные линии. Эти сверхновые предположительно наблюдаются на месте КГВ и представляют собой продукт взрыва массивной звезды, лишенной водородной оболочки.

ОПТИЧЕСКИЕ
ПОСЛЕСВЕЧЕНИЯ И КРАСНЫЕ
СМЕЩЕНИЯ ЛИНИЙ

В оптических спектрах КГВ обнаружено большое

красное смещение z , максимальное значение его к настоящему времени достигло 6.3. Это указывает на космологическое происхождение гамма-всплесков, наблюдения которых возможны лишь при гигантском выделении энергии. В большинстве случаев красные смещения измерялись у слабых родительских галактик. Огромный выход энергии за короткое время (0.1–100 с) смоделировать очень трудно, и это является главной сложностью космологической интерпретации. В некоторых случаях, например в источнике GRB 990123, изотропная энергия всплеска (2.3×10^{54} эрг) превышает энергию покоя Солнца ($E = M_{\odot} \times c^2 = 1.8 \times 10^{54}$ эрг). Все обсуждавшиеся выше механизмы позволяют выделять энергию менее одного процента от этой ве-



Кривая блеска GRB 990123 в гамма- и оптической областях спектра. Тонкие линии воспроизводят профиль излучения для различных энергий гамма-квантов по данным BATSE с 1024-мс разрешением. Толстая линия соединяет несколько первых точек оптических наблюдений ROTSE (Robotic Optical Transient Search Experiment – эксперимент по автоматической регистрации оптических быстропеременных источников), которые начались через 22 с после регистрации 23 января 1999 г. Этот всплеск является самым ярким в оптике (максимум соответствует 8.95).

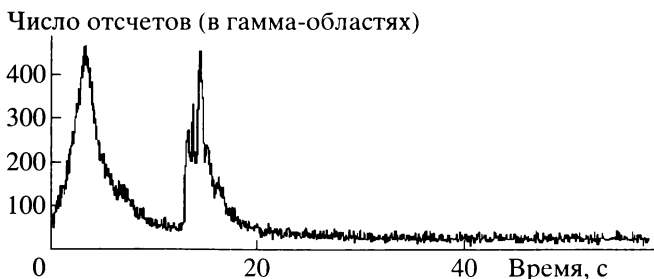
личины. Можно предположить, что в космологической модели основной возможностью уменьшить выделение энергии считается сильная анизотропия, проявляющаяся в том, что поток квантов выходит в виде узкого конуса.

Сильная коллимация излучения КГВ. При огромном выделении гамма-источником энергии излучение КГВ считается коллимированным. Сильное ограничение на угол коллимации следует из анализа возможного появле-

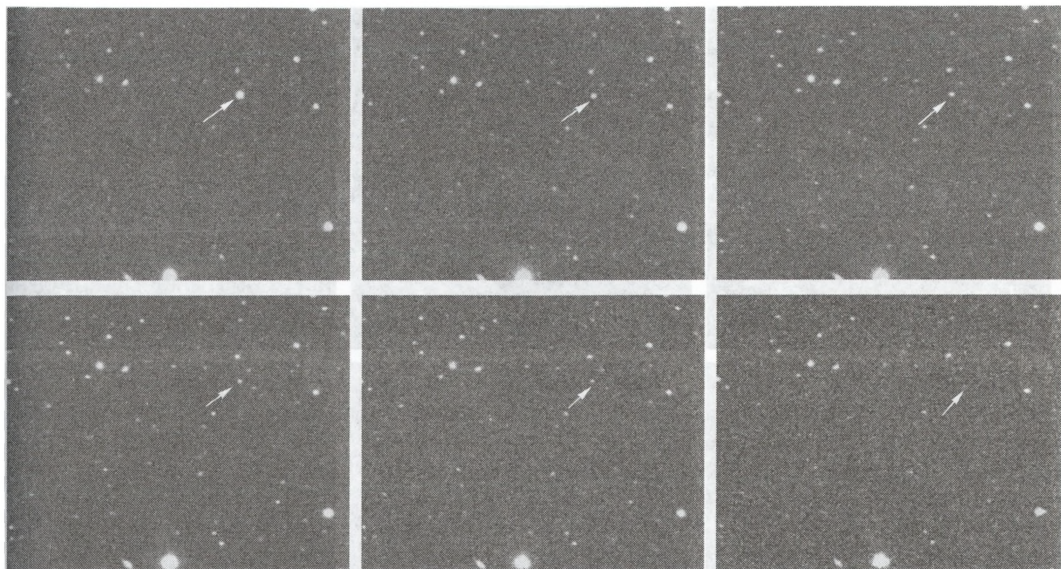
ния оптических *послесвечений-сирот*, которые представляли бы собой оптические вспышки, не сопровождающиеся гамма-излучением. По всей вероятности, такие вспышки должны быть слабо или вообще не коллимированы. К настоящему времени быстропеременные оптические объекты-сироты не обнаружены. Это накладывает ограничение на отношение телесных углов (Ω) коллимации в оптике и гамма-диапазоне в виде $\Omega_{\text{опт}}/\Omega_{\gamma} \ll 100$. Аналогичный анализ возможности появления вспышек радиосирот (радиовспышки без гамма- или оптического излучения) приводит к ограничению угла коллимации гамма-всплеска $\theta_{\gamma} > 5^{\circ}$.

Быстрые оптические послесвечения.

Послесвечение гамма-источника GRB 990123 ученые наблюдали 23 января 1999 г. в оптике с помощью телескопа-робота, работающего по командам без участия человека, начиная с 22 с после его регистрации в гамма-области приборами BATSE. Сильный всплеск содержал несколько пиков общей длительностью более 100 с и значительной эволюцией спектра. Время, в течение которого излучались 50 и 90% энергии гамма-всплеска, равнялось соответственно $T_{50} = 29.8$ с и $T_{90} = 63.3$ с. Максимум оптической яркости на уровне 8.95^m был достигнут через 30 с после начала всплеска, а уже через 95 с блеск упал до 14.5^m. Максимум в оптическом излучении почти совпал с максимумом в гамма-



Кривая блеска гамма-источника GRB 030329 – одного из самых ярких всплесков в гамма-лучах на небесной сфере, по данным эксперимента "Конус" на ИСЗ "Wind" (США). Источник с экваториальными координатами $\alpha = +21^{\text{h}}31^{\text{m}}23^{\text{s}}$ и $\delta = 10^{\circ}44'49.5''$ начали наблюдать 23 января 1999 г. в 11 ч 37 мин 29 с по Гринвичу. Полный поток энергии – 1.25×10^{-4} эрг/см², длительность – 50 с, максимальный поток – 2.5×10^{-5} эрг/см²/с (одна из самых ярких вспышек в гамма-области).



Последовательные снимки послесвечения GRB 030329 в оптике, сделанные 23 января 1999 г. в КрАО. В реальном времени видно затухание оптического транзиента (отмечен стрелкой).

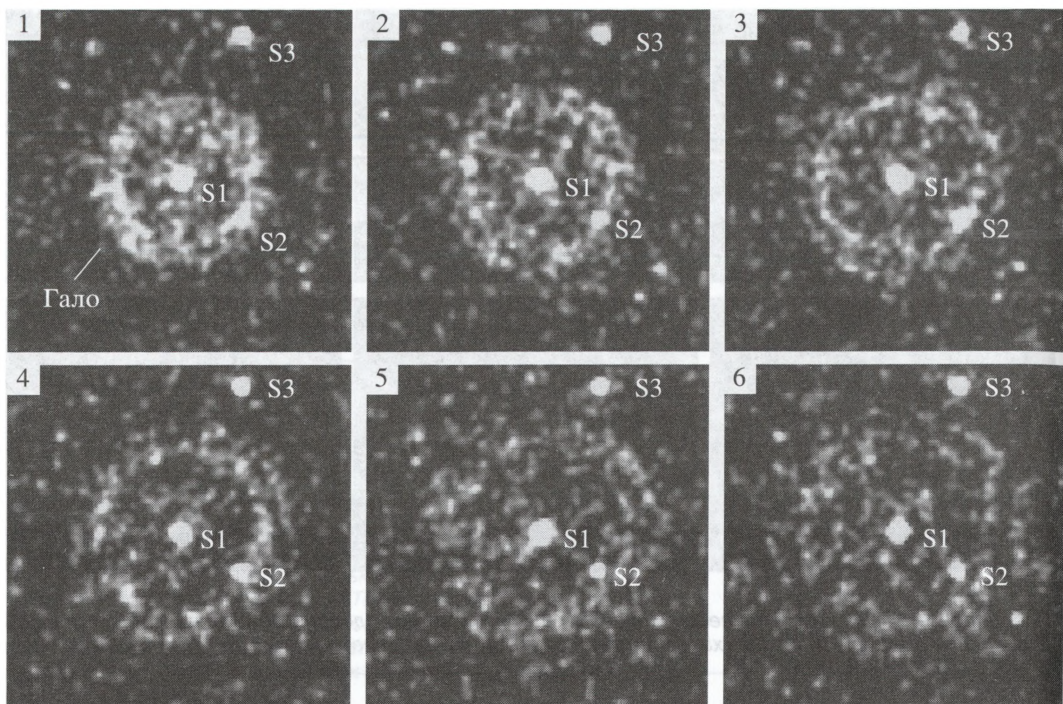
диапазоне, но с некоторой задержкой во времени. Наблюдаемая оптическая светимость, отнесенная к красному смещению $z = 1.61$, достигала мощности 4×10^{49} эрг/с, что почти на пять порядков ярче оптической светимости любой сверхновой. Выделение энергии в прямом оптическом излучении составило примерно 10^{51} эрг, а изотропный поток в гамма-области превысил 2.3×10^{54} эрг, что больше энергии покоя Солнца. Другое яркое послесвечение наблюдалось у источников GRB 021004 (15^m , $z = 2.3$), GRB 030329 (12.4^m , $z = 0.168$) и GRB 030418 (16.9^m , z не было измерено). В скобках даны звездные величины наиболее ярких гамма-источников и их красные смещения. Необычным послесвечением обладал GRB 030329, наблюдав-

шийся во многих обсерваториях, особенности спектра указывают на присутствие в этом месте сверхновой.

ГАММА-ВСПЛЕСКИ И СВЕРХНОВЫЕ

Указания на связь КГВ со взрывами сверхновых были получены при наблюдении GRB 980425, который совпал на небе с SN1998bw типа SNlb/c. Эта сверхновая оказалась аномально яркой по сравнению с другими типа SNlb/c. Она имела пекулярные спектры и необычно большую на начальных стадиях радиосветимость. SN1998bw взорвалась в близкой галактике ESO 184-G82 в созвездии Гончих Псов с экваториальными координатами $\alpha = -52^h50^m46.1^s$, $\delta = 19^\circ35'03.17''$ и красным смещением $z = 0.0084$, на-

много меньшим, чем те, которые наблюдаются в оптических послесвечениях других КГВ. Это указывало на небольшое энерговыделение в GRB 980425. Нельзя исключить, что примерное совпадение во времени и в проекции на небесную сферу сверхновых и КГВ является случайным, а расстояния до них сильно различаются. Тем не менее, несмотря на аномальную слабость близкого GRB 980425 при его физической связи с SN1998bw, идея происхождения КГВ при взрыве пекулярной очень яркой сверхновой SNlb/c (гиперновая) стала весьма популярной. Особенности кривых блеска оптических послесвечений, связанные с их немонотонным поведением, интерпретировали как сопутствующие сверхновые, которые иначе



Шесть первых изображений области неба площадью $10'$ вокруг гамма-источника GRB 031203. Наблюдения начались 4 декабря 2003 г. в 4 ч 09 мин 29 с по Гринвичу и разбиты на 10 временных интервалов по 5780 с. Отмечены самые яркие постоянные рентгеновские точечные источники (S1, S2, S3). Расширяющиеся концентрические круги представляют собой световую волну переизлучения, расходящуюся от гамма-вспышки, расположенной по направлению к центру кругов. Снимки сделаны прибором EPIC в области энергий 0.7–2.5 кэВ космической обсерватории "XMM-Newton". ESA.

оставались бы незамеченными из-за очень большого расстояния до родительской галактики. Другое свидетельство в пользу связи гамма-всплеска со сверхновой получено при подробном фотометрическом и спектроскопическом исследовании яркого оптического послесвечения от GRB 030329. Замечено подобие спектра послесвечения и пекулярной сверхновой SN1998bw, что позволило заявить об открытии SN2003dh типа SN Ib/c, связанной с этим КГВ. Несмотря на имеющиеся совпадения, связь КГВ со сверхновыми нель-

зя считать окончательно установленной. Остаются спектральные различия, временные масштабы отличаются от стандартных значений, причем спектры многих послесвечений КГВ не указывают на присутствие сверхновых. К тому же единственный случай независимого открытия совпадающих во времени и пространстве гамма-всплеска и сверхновой SN1998bw был зафиксирован у вполне заурядного источника GRB 980425 в гамма-области. При реальности их отождествления он окажется аномальным и на три порядка слабее,

чем остальные космологические гамма-всплески с известными красными смещениями линий в послесвечениях.

НАБЛЮДЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ЭХА

Наблюдения GRB 031203 на европейской космической рентгеновской обсерватории "ИксММ-Ньютон" ("XMM-Newton", запущена в 1999 г.; Земля и Вселенная, 2000, № 4) начались 12 апреля 2003 г. в 4 ч 09 мин 29 с по Гринвичу и продолжались 58 211 с. Анализ первых наблюдений обнаружил диффуз-

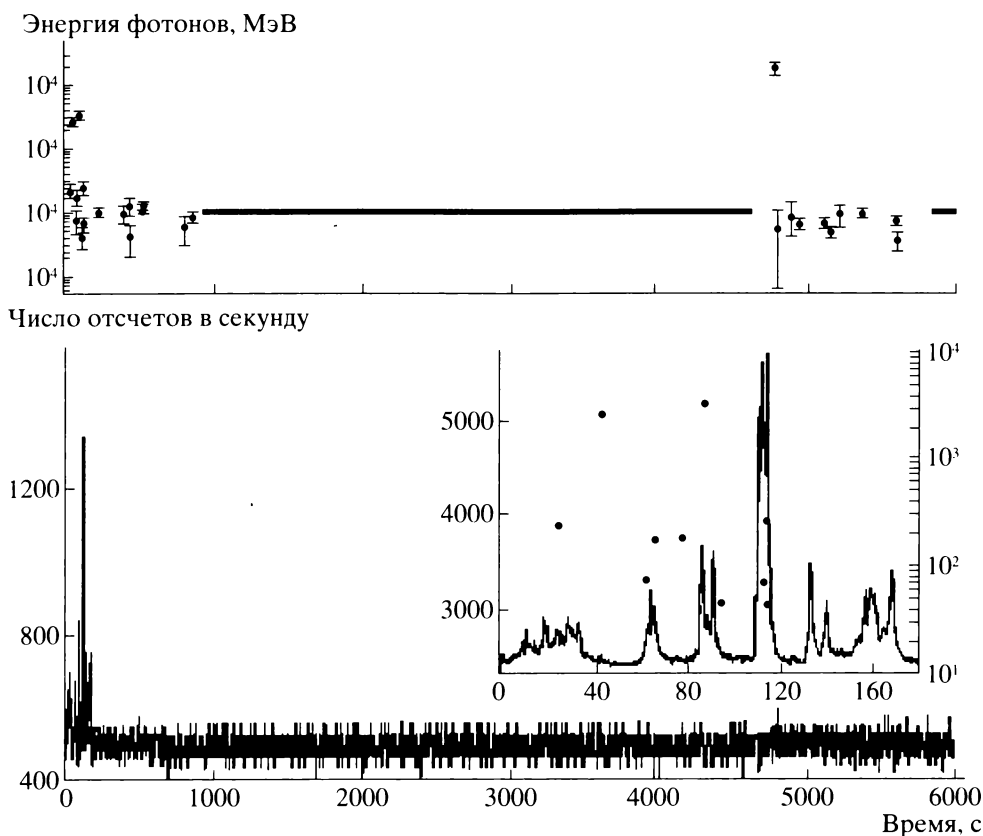


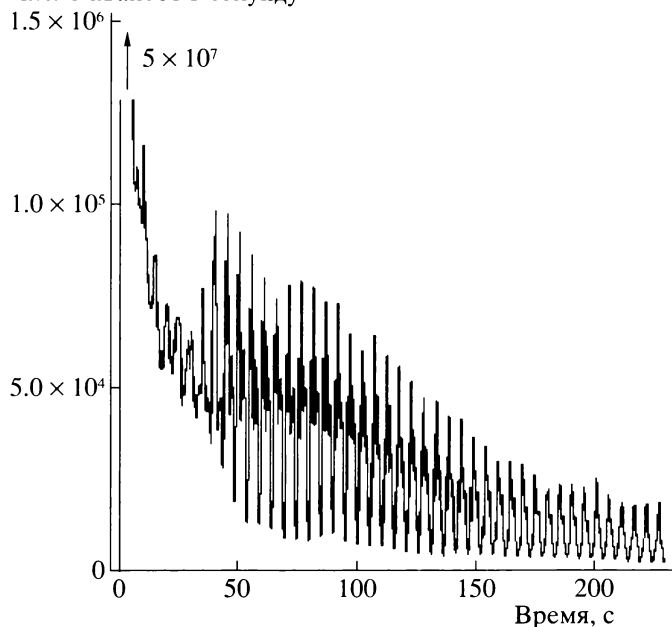
График космической гамма-вспышки GRB 940217, произошедшей 17 февраля 1994 г. (координаты на небесной сфере $\alpha_{2000}, \delta_{2000} = 29.5^\circ, 3.8^\circ$). Вверху – число гамма-квантов в области энергий ГэВ, зарегистрированных в эксперименте EGRET на протяжении 1.5 ч после основной вспышки. Внизу – кривая блеска основной вспышки в области энергий МэВ длительностью 180 с (по данным BATSE и AMC "Улисс", NASA – ESA). Во врезке (внизу) кривая блеска основной вспышки приведена в растянутом масштабе времени. Точками здесь указаны жесткие кванты, регистрируемые прибором EGRET.

ное рентгеновское гало вокруг места послесвечения. Это гало наблюдалось с помощью трех камер прибора EPIC (European Photon Imaging Camera – европейская камера построения оптических изображений) и не связано с рассеянием оптических или рентгеновских фотонов внутри прибора. Форма гало – почти круг, радиус которого увеличивался со временем. Это напоминало поведение светового эха, идущего от рассеян-

ных пылью рентгеновских квантов облаком, расположенным в 700 пк от нас. GRB 031203 с галактическими координатами $l = 255.74^\circ$ и $b = -4.8^\circ$ зарегистрирован по направлению туманности Гама (Gum Nebula) и созвездий Корма и Парус. Расстояние до рассеивающего облака указывает на его расположение внутри нашей Галактики. Рассеянное рентгеновское излучение GRB 031203 хорошо аппроксимируется степен-

ным законом и имеет, как и ожидалось, более мягкий спектр, чем рентгеновский спектр самой вспышки. Анализ показал, что гало появляется в виде концентрических круговых колец с центром в точке локализации КГВ. Радиусы этих колец растут со временем, что совместимо с малым углом рассеяния рентгеновских квантов большим столбом пыли вдоль направления наблюдения космологического КГВ. Появление двух ко-

Число квантов в секунду



лец связано с двумя различными слоями пыли в нашей Галактике, расположенными на расстояниях 880 и 1390 пк, это согласуется с известными особенностями строения Галактики. Яркость гало свидетельствует о начальном импульсе мягкого рентгеновского излучения, наблюдаемого одновременно с КГВ.

ПОСЛЕСВЕЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Наблюдения в эксперименте EGRET (Energetic Gamma-Ray Experiment Telescope – телескоп, регистрирующий гамма-кванты высоких энергий), выполненные в 1990-х гг. на Комптоновской космической гамма-обсерватории, показали, что КГВ излучают и в жесткой гамма-области вплоть до энергий 20 ГэВ. Жесткое гамма-из-

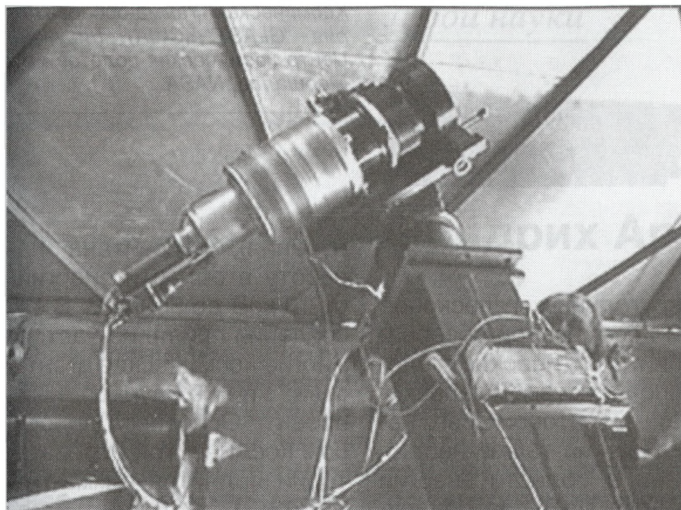
лучение было зарегистрировано примерно у десяти КГВ, причем у пяти КГВ наблюдались кванты с энергиями больше 100 МэВ. Как правило, жесткое гамма-излучение длится дольше, чем основной КГВ, вплоть до 1.5 ч (например, источник GRB 940217). Сравнение угловой апертуры приборов в экспериментах EGRET и BATSE, а также длительности их работы на орбите приводит к выводу о том, что жесткое гамма-излучение должно наблюдаться у значительной части КГВ, примерно от трети до половины их. Если КГВ связан со взрывом сверхновой и рождением нейтронной звезды, то остаточные после взрыва колебания нейтронной звезды могут быть ответственны за продолжительное послесвечение в жесткой гамма-области.

Кривая блеска гигантского гамма-всплеска в источнике SGR 1900 + 14, зарегистрированного 27 августа 1998 г. в эксперименте "Конус" на спутнике "Wind" (США). Область энергий квантов – больше 15 кэВ.

КОРОТКИЕ И ПОВТОРЯЮЩИЕСЯ ГАММА-ВСПЛЕСКИ

При космологическом происхождении КГВ, выделяющих огромную энергию за короткое время в малом объеме, очень трудно построить реалистическую физическую модель. При наличии коллимированного КГВ требования к энерговыделению уменьшаются, однако угол коллимации не может быть слишком малым. Очень важно измерить оптические спектры быстрых послесвечений, пока оптическая светимость еще достаточно велика, а также исследовать на этой стадии поляризацию в оптической и рентгеновской областях, чтобы прояснить механизм излучения.

Можно предположить, что КГВ представляют собой совокупность вспышек разного происхождения. Статистический анализ обнаруживает минимум две отдельные группы, состоящие из длинных и коротких (меньше 2 с) всплесков. Отметим, что оптические послесвечения с определением красных смещений измерены только у длинных всплесков. Поэтому не исключено, что короткие всплески имеют иное (может быть, даже галактическое) происхождение.



Широкоугольная автоматическая камера с полем зрения $17^\circ \times 20^\circ$ для наблюдений вспышечных источников в оптике, установленная в САО в 2003 г. Чувствительность ее невелика, но совершенствование подобного типа инструментов должно привести к новым открытиям. Камера является прототипом подобных камер повышенной чувствительности, с помощью которых будет возможен оптический мониторинг всего неба.

ПЕРСПЕКТИВЫ НАБЛЮДЕНИЙ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ

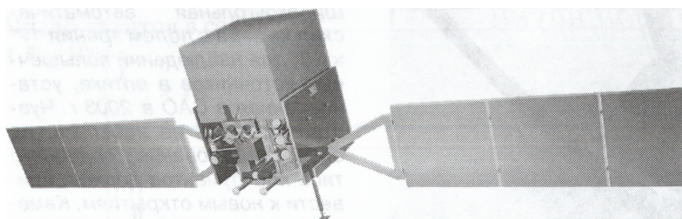
Интересно сравнить свойства коротких КГВ с гигантскими вспышками в источниках мягких повторяющихся гамма-всплесков (МГП), расположенных внутри нашей Галактики (Земля и Вселенная, 2005, № 6). Если бы МГП находились на большем расстоянии, когда обычная активность МГП не видна и регистрируются только гигантские всплески, то, без сомнения, мягкие повторяющиеся гамма-всплески отнесли бы к обычным коротким КГВ. Гигантские всплески МГП наблюдались во всех четырех надежно отождествленных подобных источниках в Галактике и Большом Магеллановом Облаке: 5 марта 1979 г. – SGR 0526–66; 27 августа 1997 г. – SGR 1900+14; 18 июня 1998 г. – SGR 1627+41; 27 декабря 2004 г. – SGR 1806–20 (Земля и Вселенная, 2005, № 6). Их частота и мощность таковы, что имеется реальная возможность наблюдений

подобных грандиозных вспышек от соседних галактик локальной группы в виде коротких КГВ. Обозначение источников мягких повторяющихся гамма-всплесков содержит склонение и прямое восхождение в отличие от обычных КГВ, в названии которых указано время вспышки. Оценки показывают, что, по статистике, должно было наблюдаться более десяти коротких КГВ в Туманности Андромеды (М 31) и других галактиках Местной группы.

Отсутствие каких-либо КГВ вблизи соседних галактик может указывать на то, что наблюдаемые МГП – более близкие и слабые объекты, чем считается в настоящее время. Оценка сделана на основе их предполагаемой генетической связи с остатками сверхновых, расстояния до которых определяются по стандартной методике. Вероятно, такой связи вообще нет.

К настоящему времени нет достоверной модели формирования наблюдаемого излучения и источника энергии КГВ, несмотря на более чем 30 лет наблюдений и многочисленных попыток построения теоретических моделей. Хотя, по всей вероятности, длинные КГВ – космологические, не исключено, что короткие КГВ – другого происхождения (возможно, даже галактического) и связаны с гигантскими вспышками МГП.

Решающие эксперименты, которые могли бы окончательно прояснить природу КГВ, связаны с наблюдениями во всех областях электромагнитного спектра. В оптике (от инфракрасной до ультрафиолетовой области) необходимо получить спектры КГВ на самых ранних стадиях, максимально близких по времени к гамма-вспышке. Эту задачу ученые надеются решать с помощью автоматических широкоугольных телескопов, которые функционируют в некоторых странах



Космическая гамма-обсерватория "GLAST" (США). Рисунок. Центр космических полетов им. Маршалла, NASA.

(например, серия из десяти телескопов-роботов работает в США и Намибии). Они быстро наводятся на область неба по информации, получаемой от космических гамма-обсерваторий сразу после регистрации КГВ. Аналогичные задачи решает запущенная в 2004 г. американская космическая обсерватория "Свифт" ("Swift"; Земля и Вселенная, 2005, № 3), предназначенная для наблюдений КГВ в широкой области — от жесткого рентгена (150 кэВ) до оптики. Важной задачей в оптике является поиск всплесков-сирот, не сопровождаемых гамма-импульсом. Такие наблюдения дали бы необходимую информацию о степени коллимации гамма-всплеска. Это требует длительного сканирования всего неба в оптике, возможно, с помощью системы из непрерывно работающих ши-

рокоугольных телескопов или космической обсерватории с оптическим телескопом (системой телескопов) — монитором всего неба. Помимо гамма-наблюдений в области энергий порядка МэВ для обнаружения КГВ, существенная информация может быть получена в жесткой гамма-области с энергией квантов от сотни мегаэлектронвольт до десятков гигаэлектронвольт.

В проектах перспективных космических обсерваторий для работы в жестком гамма-диапазоне планируется исследовать КГВ. При этом, конечно, требуется как можно большая угловая апертура телескопов.

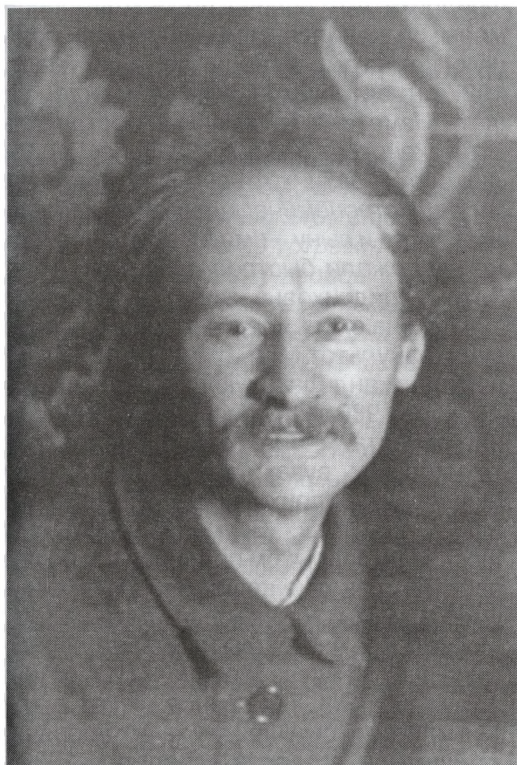
Новая американская космическая гамма-обсерватория "GLAST" (Gamma-ray Large Area Space Telescope) — космический телескоп большой площади для регистрации гамма-из-

лучения), рассчитана на работу в области энергий от 10 кэВ до 300 ГэВ. В ее создании приняли участие многие космические агентства: это международный проект. Основным прибором космической обсерватории является гамма-телескоп LAT (Large Area Telescope) большой эффективной площади, достигающей в районе 10 ГэВ величины 9 тыс. см² и с полем зрения более 2.5 стереadiana (142.5° × 142.5°). LAT способен будет локализовать стационарные источники с точностью от 30" до 5' в области энергий, превышающих 100 МэВ. При энергиях, превышающих 10 ГэВ, LAT должен с высокой точностью локализовать КГВ для быстрого поиска их излучения на всех более длинных волнах. Ожидается, что "GLAST" сможет регистрировать около 200 КГВ в год, половина которых будет локализована в радиусе не более 10'.

Фридрих Артурович Цандер

Исполнилось 120 лет со дня рождения Ф.А. Цандера, который занимает видное место в истории ракетно-космической науки и техники. Этот выдающийся ученый и талантливый инженер-изобретатель верил в осуществимость межпланетных полетов. Он, как и К.Э. Циолковский, был устремлен в космос не только обворожительными

мечтами, но и всей своей жизнью. В рабочем кабинете московского дома-музея С.П. Королёва на стене рядом с портретом К.Э. Циолковского висит фотография Ф.А. Цандера. Сергей Павлович высоко ценил Фридриха Артуровича, считал его последователем идей К.Э. Циолковского и своим учителем.



Ф.А. Цандер. Москва, 1930-е гг. Фото из семейного архива Александра Меркурьевича Цандера, внука Фридриха Артуровича.

Фридрих Артурович Цандер родился в Риге в интеллигентной, благополучной немецкой семье 11 августа 1887 г. Отец, доктор медицины Артур Цандер, читал лекции, был естествоиспытателем, хорошо рисовал и музицировал. Он рано потерял первую жену, Елену, дочь саксонского камергера и музыканта Готтшалька. Она умерла от эмболии при рождении пятого ребенка. Фридриху (в семье его называли Фриделем) тогда исполнилось всего два года, и матери своей он не помнил. Вторая жена А. Цандера, Берта Конради, взяла на себя обязанности по уходу за детьми и большим хозяйством. Как раз в это время дедушка Фриделя, Константин Цандер, подарил семье домик с парком, садом и огородом в Засенхофе. Отец Фридриха надстроил его, реконструировал и расширил. У Фридриха рано проявилась склонность к технике, и отец предоставил в его распоряжение книги, материалы, инструменты. Мальчик любил слушать музыку, рассказывать сестрам прекрасные истории о возможных полетах на Марс, Венеру, Юпитер. Пристально всматриваясь вдаль, Фридрих говорил: *«Это все-таки нелегко, можно только дерзко предположить, что жизнь существует не только на нашей маленькой Земле, что существует беско-*

нечно много звезд, на которых определено в каких-то формах есть жизнь. Их только нужно найти, нужно только смочь”.

С 1898 г. по 1905 г. Фридрих учился в Рижском реальном училище, которое окончил с отличием. В это время он узнает о трудах К.Э. Циолковского, производших на него огромное впечатление, укрепивших веру в осуществимость межпланетных сообщений. В этом заслуга учителя истории и космографии Ф.Ф. Вестберга, устроившего в училище простенький планетарий с маленьким телескопом и познакомившего учеников с фрагментом статьи К.Э. Циолковского “Исследование мировых пространств реактивными приборами” (1903). После окончания училища Фридрих поступил в 1905 г. в Политехнический институт в Риге, где с увлечением учился. В ноябре 1905 г. Рига была охвачена революционными событиями, начались студенческие волнения, и руководство института временно прекратило занятия. По совету отца Фридрих уезжает в Данциг (ныне Гданьск, Польша), где в течение полутора лет учится на машиностроительном отделении Королевского высшего технического училища. В 1907 г. он восстанавливается в Политехническом институте. Об этом периоде своей жизни Ф.А. Цандер писал в 1925 г. в предисловии к неизданной книге **“Полеты на другие планеты и на Луну”**: *“Все время чтение книг по астрономии и рассказов о перелетах на другие планеты не давало заснуть мечте о работе в желанном направлении”*. В числе других дисциплин он изучил стенографию и активно пользовался ею в дальнейшем. Его интерес к межпланетным сообщениям и ракетной технике становится осмысленным и целеустремленным. К этому времени относится первая исследовательская работа Ф.А. Цандера – **“Мировые (эфирные) корабли, которые обеспечат сообщение между звездами”** (1908). Диплом с отличием об окончании Политехнического института Фридрих получил 31 июля 1914 г.

Ф.А. Цандер поступает на работу на завод резиновой промышленности, чтобы изучить *“качество резины, которая должна играть большую роль при изготовле-*

нии воздухонепроницаемых одежд, необходимых для межпланетных путешествий предметов”. Разразилась Первая мировая война, и в июле 1915 г. вместе с эвакуированным заводом “Проводник” Фридрих Артурович приезжает в Москву. Он трудится над проектом межпланетного корабля-аэроплана и двигателя к нему, разрабатывает теорию перелетов на другие планеты, пропагандирует идею межпланетных полетов, принимает активное участие в организации “Общества изучения межпланетных сообщений” (впоследствии – член его президиума). Ф.А. Цандер часто выступал с докладами, написал для себя план практических работ.

В феврале 1919 г. он переходит на авиазавод “Мотор”, где заведует техническим бюро. Живет недалеко от завода в комнатухе в квартире священника отца Луки, домик которого стоял у ворот Даниловского кладбища. В личной жизни Фридриха Артуровича происходят перемены: он женился, семье выделили большую комнату в старом доме. 27 марта 1927 г. в автобиографии Ф.А. Цандер пишет: *“Измененные семейные обстоятельства, женитьба осенью 1923 г. на А.Ф. Милюковой и дети, хотя весьма любимые, я им дал астрономические имена (дочери – имя Астра и сыну – имя Меркур), несколько задержали быстрое развитие работ”*. Астра Фридриховна живет в Москве, в 1947 г. она окончила с отличием физический факультет МГУ, в ноябре 1979 г. защитила кандидатскую диссертацию, в декабре 1986 г. ей присвоено ученое звание доцента, многие годы преподавала в технических вузах, сейчас на пенсии. Меркурий Фридрихович в 1955 г. окончил МВТУ им. Н.Э. Баумана, работал в Москве на закрытом предприятии по разработке ракетно-космической техники, умер в 1987 г., его вдова и дети живут в Москве. Все биографы называют первого сына Ф.А. Цандера Меркурий. Известный журналист Я.К. Голованов пишет о том, что младший сын Фридриха Артуровича в трехлетнем возрасте заболел в 1929 г. скарлатиной и спасти его не удалось. В 1930 г. у Ф.А. Цандера родился второй сын, которого он также называл Меркурием. Это представлялось очень странным:

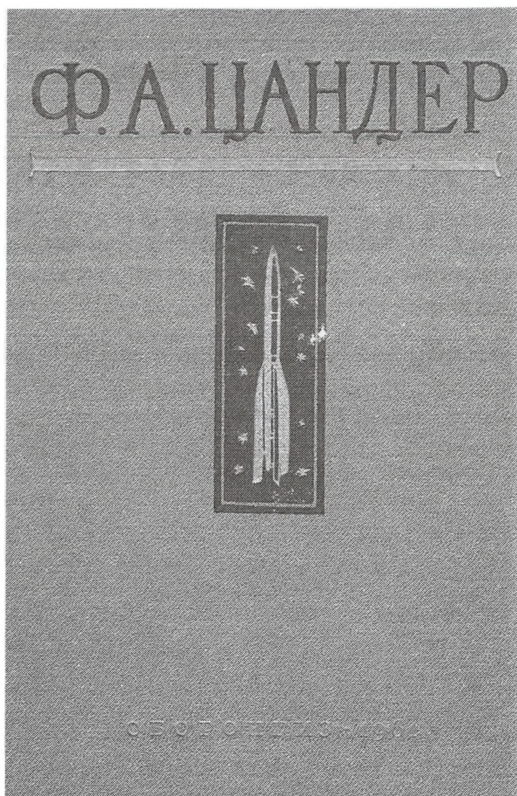
почему бы тогда не Марс? Ведь известно, что Фридрих Артурович был очень неравнодушен к загадкам планеты Марс. Сопратники вспоминали, что, когда удавались инженерные расчеты, он восклицал: "А все-таки мы полетим на Марс! Вперед, на Марс!" И его дочь, Астра Фридриховна, также говорила об этом (Земля и Вселенная, 1998, № 1). Точку в истории с детьми Ф.А. Цандера поставил ответ из архивно-информационного отдела Управления ЗАГС г. Москвы на наш запрос: "У Цандеров 28 апреля 1926 г. родился сын Меркур и 13 ноября 1930 г. сын Меркурий". Теперь совершенно точно, что у Фридриха Артуровича было два сына – Меркур и Меркурий.

В 1924 г. в журнале "Техника и жизнь" был опубликован один из первых научных трудов Ф.А. Цандера – **"Перелеты на другие планеты"**. Продолжение этой работы напечатали уже после смерти ученого. Она начинается с замечательных слов, характеризующих автора как человека романтического, влюбленного в свою мечту: *"Кто не устремлял в ясную звездную ночь своих взоров к небу, на котором сверкают миллионы звезд, и не подумал о том, что около них на планетах должны жить другие человечества, отчасти, в культуре, на многие тысячи лет опередившие нас. Какие несметные культурные ценности могли бы быть доставлены на Землю, если бы удалось туда перелететь..."* В этой работе талантливый инженер знакомит читателей с математическими и конструкторскими изысканиями, которые он вел на протяжении уже нескольких лет *"с целью выяснения всех возможностей, имеющих по отношению к межпланетным кораблям и путешествиям"*. Ф.А. Цандер впервые предлагает использовать атмосферу в качестве тормозящей среды и планирующего спуска, что сократило бы расход ракетного топлива. Ученый также знакомит читателей со своим проектом корабля-аэроплана, в основу которого положена его глав-



ная идея – сочетание ракеты с самолетом для взлета с Земли. В качестве топлива применялись расплавленные металлы, путем сжигания в камере ракетного двигателя отдельных частей аэроплана, что позволило бы увеличить дальность полета. В год выхода статьи Фридрих Артурович пишет заявление в Комитет по делам изобретений при ВСНХ, в котором ходатайствует о выдаче *"заявочного свидетельства на междупланетный корабль"*.

Еще в 1921 г. Ф.А. Цандер начал выступать с лекциями и докладами о проблемах межпланетных полетов и космонавтики, рассказывая о своих работах в этой области и идеях. Особенно интенсивной лекционная деятельность была в 1924–1925 гг. Фридрих Артурович выступает не только в Москве, но и в Ленинграде, Туле, Рязани, Саратове, Харькове. Свои лекции он сопровождает диапозитивами с рисунками, чертежами и таблицами, сделанными им самим.



Сборник статей и работ Ф.А. Цандера "Проблема полета при помощи реактивных аппаратов. Межпланетные полеты" (под редакцией Л.К. Корнеева; М.: Оборонгиз, 1961).

шевую пищу, одет был всегда бедно, но, одержимый страстью, шел к своей цели, не замечая ни бедности, ни других житейских проблем. В конце 1927 г. Ф.А. Цандер наконец-то переезжает жить в благоустроенную квартиру в Медовом переулке. Это была коммунальная квартира, но его семья получила в ней три комнаты. Теперь у Фридриха Артуровича был свой домашний кабинет.

12 марта 1927 г. в автобиографии он писал: "...с 1915 до 1917 г. я производил самые первые опыты, касающиеся оранжереи авиационной легкости, которая могла бы находить применение при перелетах на другие планеты, и имел некоторый успех: у меня выросли некоторые овощи (горох, капуста и отчасти другие) в цветочных горшках, наполненных взамен земли толченым древесным углем, являющимся в 2–3 раза более легкой почвою, нежели земля и песок..." Видимо, поэтому у некоторых авторов мы встречаем термин "цандеровская оранжерея авиационной легкости". В одном из докладов о межпланетных путешествиях Фридрих Артурович сказал: "...для дальнего плавания будет выгодно применять предложенные еще К.Э. Циолковским оранжереи авиационной легкости. Циолковский вычислил, что для вечного питания одного человека было бы достаточно взять с собой один квадратный метр с плантацией наиболее плодотворного растения – банана. В таком случае возобновление воздуха для дыхания возможно также растениями: они впитывают как раз углекислоту, строя из нее свои ткани, и отдают кислород, который нам необходим для дыхания".

Известно, что К.Э. Циолковский ограничился главным образом обоснованием принципиальной возможности создания космической оранжереи и массообменными расчетами. Ф.А. Цандер рассматривал инженерные аспекты создания системы жизнеобеспечения космического корабля. Он предложил, например, ис-

Надежды на реализацию некоторых его научных планов появились в 1927 г. В феврале в Москве состоялась первая Всемирная выставка проектов и моделей межпланетных аппаратов и механизмов, где демонстрировался и макет корабля-аэроплана Ф.А. Цандера, привлечший всеобщее внимание. Благодаря выставке о его теоретических трудах узнали, кроме наших, и зарубежные ученые. Он получает положительную рецензию страстного пропагандиста космонавтики профессора В.П. Ветчинкина, который пишет в своем отзыве: "Работы Ф.А. Цандера по расчету межпланетных путешествий и проекту межпланетного корабля, несомненно, стоят на одном из первых мест в мировой литературе по этому вопросу... я полагаю совершенно необходимым дать возможность Ф.А. Цандеру в кратчайший срок подготовить к печати и напечатать свои работы".

До декабря 1927 г. Ф.А. Цандер жил в чрезвычайно стесненных условиях, иногда голодал, в столовой брал самую де-



Макеты жидкостных ракетных двигателей Ф.А. Цандера, разработанных в ГИРД. Первый, второй и четвертый слева – ОР-1 (на гибридном топливе), ОР-2 и ЖРД для ракеты ГИРД-Х его конструкции.

пользовать при культивировании растений метод “воздушной культуры”, который заключается в выращивании растений с помощью простого обрызгивания корней растений питательной жидкостью. В настоящее время этот метод аэропоники широко используется в сельском хозяйстве. Фридрих Артурович отмечал, что растения по мере роста должны беспрепятственно развиваться, это дает возможность экономить площади для оранжерей. Проблеме создания систем жизнеобеспечения ученый придавал большое значение и работал над оранжереей для космических полетов, судя по его расшифрованным тетрадям, вплоть до 1931 г.

В 1928–1930 гг., работая в Центральном конструкторском бюро Авиатреста (бывший “Мотор”) при заводе, а затем в Институте авиационного моторостроения, Фридрих Артурович приступил к созданию первого жидкостного ракетного двигателя. В те годы производственной и испытательной базы в стране не существовало, а материальные возможности были крайне ограниченными. Только гениальный инженерный ум Ф.А. Цандера мог увидеть в паяльной лампе элементы будущего опытного реактивного двигателя

ОР-1. Фридрих Артурович писал 29 октября 1929 г.: “В связи с тем, что средств было недостаточно, неожиданно у меня появилась идея перестроить паяльную лампу под первый реактивный двигатель. Эту идею я воплотил в жизнь. Мой первый двигатель состоял из перестроенной паяльной лампы треста Ленжатгаз завода им. Матвеева в Ленинграде... Я дал название этому двигателю ОР-1”. Этот двигатель, который по праву называют “дедушкой ракетных двигателей”, работал на бензине и сжатом воздухе. На основе проверенных практикой расчетов стало возможным строить более мощные и совершенные ракетные двигатели на жидком топливе и ракеты.

В 1930–1931 гг. Ф.А. Цандер развил энергичную педагогическую деятельность в Московском авиационном институте и поддерживал связь с организациями, вошедшими в Бюро изучения реактивного движения. Все это послужило толчком для создания по инициативе Ф.А. Цандера Группы изучения реактивного движения (ГИРД) при Бюро воздушной техники Центрального совета Осоавиахим. С.П. Королёв, будучи еще очень молодым человеком, работал с Фридрихом Артуровичем в ГИРД. Первым рабо-



Сотрудники ГИРД, участвовавшие в запуске ракеты ГИРД-Х конструкции Ф.А. Цандера. Крайний слева стоит С.П. Королёв. Старт ракеты осуществлен 25 ноября 1933 г., уже после смерти Ф.А. Цандера.

чим документом группы стал договор от 18 ноября 1931 г., по которому *“Цандер берет на себя проектирование и разработку рабочих чертежей и производство по опытному реактивному двигателю ОР-2 к реактивному самолету РП-1”*. Фридрих Артурович был первым начальником ГИРД, а с апреля 1932 г. им стал С.П. Ко-

ролёв. Первая бригада ГИРД во главе с Ф.А. Цандером занималась в основном ЖРД и первой жидкостной ракетой ГИРД-Х его конструкции. Двигатель ОР-2 (топливо – бензин и жидкий кислород) стал первым ЖРД, предназначенным для установки на управляемый летательный аппарат. Разработанную Фридрихом Артуровичем схему ОР-2 в простейшем виде С.П. Королёв представил в качестве типовой в книге *“Ракетный полет в стратосфере”* (1935). Ф.А. Цандер с сотрудниками ГИРД проводил опыты по созданию первой жидкостной ракеты. В двигателе предполагалось сначала размельчать, а затем сжигать конструкцию ракеты. Проводились опыты с порошкообразным металлическим горючим, дело шло трудно. Порошок через инжекторы должен был поступать в камеру сгорания, но шел неравномерно, спекался и прожигал камеру. Трудоемкая работа, опыты отнимали много сил. Фридрих Артурович переживал, выглядел очень усталым, осунувшимся, похудевшим. Временами он совсем забывал о доме и семье.

В 1932 г. выходит книга Ф.А. Цандера **“Проблема полета при помощи реактивных аппаратов”**, где он поместил часть своих исследований по ЖРД, динамике и механике полета ракет и крылатого космического аппарата, расчеты конструкции многоразовых космических кораблей.

В марте 1933 г. Фридриха Артуровича из-за плохого состояния здоровья направили подлечиться и отдохнуть в санаторий в Кисловодске. С большим трудом его уговорили поехать туда, и настоял на этом С.П. Королёв. В дороге Ф.А. Цандер заразился сыпным тифом, и 28 марта



Памятник Ф.А. Цандеру в Кисловодске. Открыт в августе 1959 г. по инициативе С.П. Королёва.

1933 г. его жизнь в самом расцвете неожиданно оборвалась. Несправедлива оказалась судьба к Фридриху Артуровичу. Много лет он шел к своей мечте, совмещая исследования с основной работой на различных предприятиях, живя в нищете, проводя опыты в неподходящих для этого условиях. И вот мечта стала сбываться, создан коллектив единомышленников, предоставлено помещение, началось финансирование исследовательских работ. Ф.А. Цандер не дожидаясь успешного старта своей жидкостной ракеты ГИРД-Х, который состоялся в ноябре 1933 г. на полигоне Нахабино в Подмосковье. Она была запущена его учениками и соратниками под руководством С.П. Королёва.

Символично, что всю сознательную жизнь Фридрих Цандер был мысленно

около звезд и рвался к ним. Сейчас в космическом пространстве летают космические аппараты и работают системы, появившиеся благодаря его расчетам и идеям, многие из которых актуальны и по сей день. Его имя увековечено в названиях улиц в Москве и Риге, кратера на обратной стороне Луны и одном из пиков на Тянь-Шане. Установлены памятники Ф.А. Цандеру в Риге, Кисловодске и мемориальная доска в Москве (Медовый переулок, где жил ученый с декабря 1927 г.), открыт дом-музей в Риге. О его жизни и деятельности написано немало книг, созданы научно-популярные фильмы.

В. П. ГОЛОВКИНА

Мемориальный дом-музей академика

С.П. Королёва

Информация

МКС: 50 тыс. оборотов вокруг Земли

14 августа 2007 г. к 21 ч по московскому времени Международная космическая станция совершила 50-тысячный виток вокруг нашей планеты.

Строительство МКС на околоземной орбите началось 20 ноября 1998 г. запуском российского функционально-грузового блока “Заря”. 7 декабря 1998 г. к нему был пристыкован американ-

ский соединительный модуль “Юнити”, доставленный на орбиту КК “Индевор” (STS-88). 10 декабря впервые были открыты люки новой станции, первыми в нее вошли российский космонавт С.К. Крикалёв и американский астронавт Р. Кабана (Земля и Вселенная, 1999, № 2). 26 июля 2000 г. начал функционировать российский служебный модуль “Звезда” (Земля и Вселенная, 2000, № 6), который на этапе развертывания станции стал ее базовым блоком, основным местом для жизни и работы экипажей.

2 ноября 2000 г. на МКС прибыл экипаж первой длительной экспедиции: командир У. Шеперд (США), пилот Ю.П. Гидзенко и бортинже-

нер С.К. Крикалёв (Земля и Вселенная, 2001, № 5). С тех пор станция является постоянно обитаемой (Земля и Вселенная, 2003, № 5). Сейчас на ее борту работает экипаж шестнадцатой основной экспедиции.

В настоящее время в составе МКС шесть герметичных модулей: “Заря”, “Юнити”, “Звезда”, лабораторный модуль “Дестини”, шлюзовая камера “Квест” и стыковочный отсек “Пирс”. Когда в августе 2007 г. со станцией состыковался американский корабль “Индевор” (STS-118), общая масса МКС и “Спейс Шаттла” составила 341 т.

Пресс-релиз Роскосмоса,
16 августа 2007 г.

Парниковый эффект и морские льды Арктики

В. Н. ГОЛУБЕВ,
доктор географических наук
МГУ им. М.В. Ломоносова

В конце XX столетия дискуссия о возможных причинах климатических изменений в истории Земли превратилась в одну из центральных проблем современности. Существуют весьма убедительные доказательства глобального потепления на рубеже XX в. и XXI в., причиной которого могли бы служить как естественные, так и антропогенные факторы (Земля и Вселенная, 2004, № 6). Соответственно, происходящие изменения климата анализируют с позиций следующих основных сценариев: 1) климатическая система Земли достаточно устойчива, а изменения ее показателей обусловлены космо-земными факторами и носят периодический характер; 2) современное потепление вызвано возрастающим антропогенным выбросом парниковых газов, что при отсутствии контроля может привести к плохо прогнозируемым

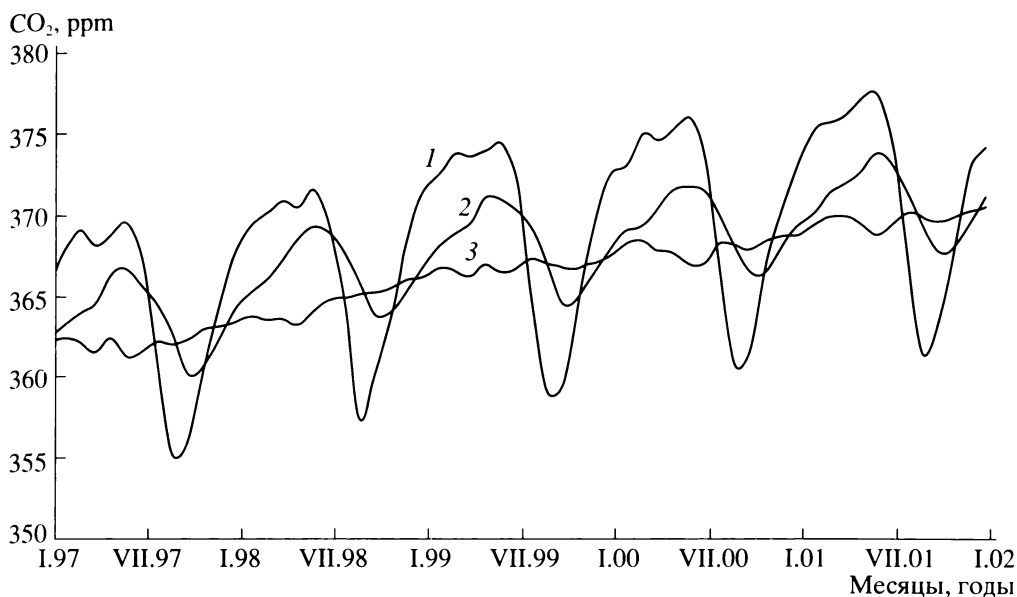
и возможно катастрофическим последствиям. Периодические изменения содержания парниковых газов и температуры неоднократно происходили в истории Земли, а в отдельные периоды были, по крайней мере, близки современным.

Автор обращает внимание на существенную роль, которую играют в формировании парникового эффекта морские льды Арктики. Внутригодовые колебания содержания CO₂ в атмосфере могут служить аналогом крупных климатических событий, обусловленных перестройкой глобального термического режима и ведущих в результате к изменению содержания CO₂ в атмосфере и гидросфере.

КОЛЕБАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ
CO₂ В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

В 1860-х гг. известный английский физик **Джон Тиндаль** сформулировал понятие о парниковом эф-

фекте, а в 1896 г. шведский ученый **Сванте Аррениус** показал, что удвоение концентрации CO₂ в атмосфере Земли может привести к повышению температуры тропосферы на 6°C. Ежегодное возрастание содержания CO₂ в атмосфере от 290 ppm в конце XIX в. до 370 ppm в начале третьего тысячелетия послужило основанием для предположения о возможной роли **антропогенных выбросов углекислого газа** в изменениях его содержания в атмосфере и **потеплении климата**. Это стало причиной серьезной озабоченности уже не только ученых, но и политиков. Антропогенный выброс углерода, достигший в конце XX в. $7.5 \cdot 10^{15}$ гC/год, рассматривается как наиболее вероятная причина происходящего потепления. В то же время если главная причина роста концентрации CO₂ – антропогенный выброс, то ежегодное приращение содержания углекислого газа должно было бы состав-



График, показывающий изменения содержания CO_2 , ppm (частей на миллион). 1 – в атмосфере полярной зоны (станция Барроу на Аляске), 2 – в тропических широтах (станция Мауна-Лоа, Гавайи), 3 – в южной экваториальной зоне (станция Самоа). В полярной и даже тропической зонах Северного полушария внутригодовые изменения значительно превышают ежегодный трендовый прирост содержания CO_2 в атмосфере Земли.

лять 3.1 ppm/год. Реальное же возрастание концентрации CO_2 в 1960 г. в среднем не превышало 1.4 ppm/год, то есть оказалось, по крайней мере, вдвое меньше. Согласно модели парникового эффекта, при таком возрастании содержания CO_2 ежегодное повышение температуры должно составлять 0.015° в год. Между тем реальное повышение температуры за период наблюдений также было меньше прогнозируемого. В отдельные периоды температура даже понижалась, несмотря на продолжавшийся рост концентрации CO_2 .

Современное возрастание содержания углекислого газа в атмосфере – **не уникальное явление в**

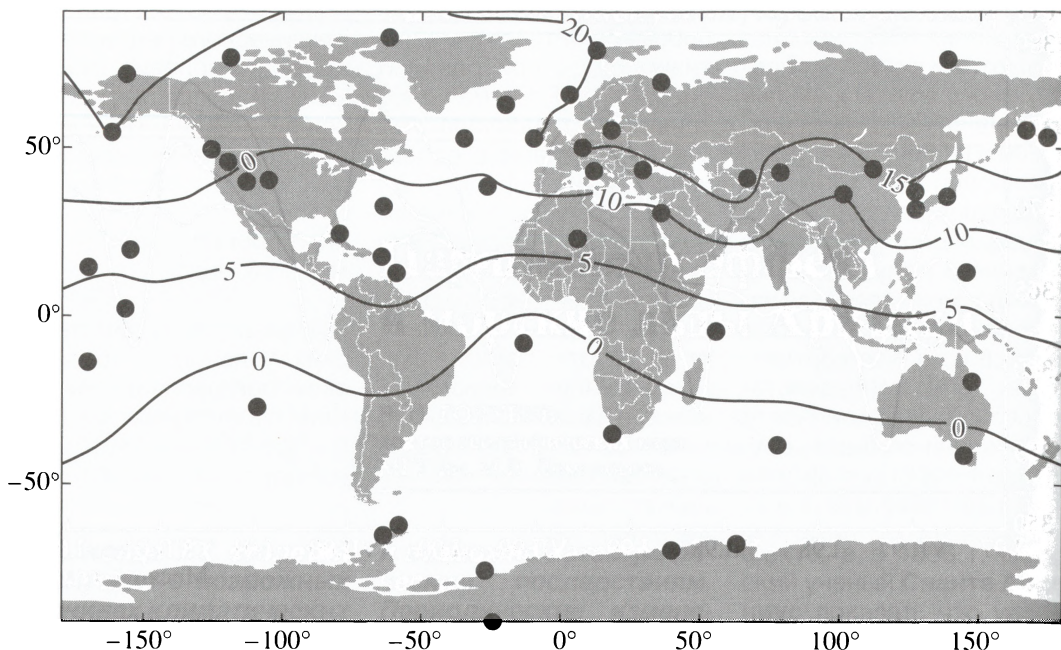
истории Земли. Периоды увеличенного выброса CO_2 в атмосферу приходились на время интенсификации вулканизма, а пониженного – на эпохи оледенений. Естественно предположить, что возрастание концентрации CO_2 в атмосфере – производная орогенеза, интенсификации сейсмической и вулканической деятельности.

В настоящее время вулканическая активность растет, как и обусловленный ею выброс CO_2 . Однако величина накопления углерода (C) едва ли превышает 10^{15} г/год. Вместе с тем надо иметь в виду, что при оценке поступления CO_2 из недр Земли учитывается лишь вулканическая деятельность и практически не анализи-

руется такой фактор, как эманация газа через тектонические нарушения в земной коре, значимость которого среди других источников CO_2 может быть достаточно велика.

Атмосферу следует рассматривать как **промежуточное звено**, транзитную зону, через которую осуществляется сток в океан углекислого газа, поступающего в атмосферу из разных источников. При этом, если поглощение газа поверхностным слоем морской воды ограничено по каким-либо причинам, атмосфера может служить аккумулятором для части поступающего газа.

Концентрация растворенного газа в воде и интенсивность газообмена



Карта внутригодовых колебаний содержания CO_2 в атмосфере Земли. Дано местоположение метеостанций с длинными рядами наблюдений, изолиниями показаны амплитуды внутригодовых колебаний. В Северном полушарии амплитуда колебаний возрастает от экватора к полярной зоне, тогда как в Южном колебания содержания CO_2 не превышают 5 ppm во всех зонах.

атмосферы и гидросферы, согласно закону Генри-Дальтона, зависит от парциального давления газа в атмосфере и от его растворимости, которая возрастает с понижением температуры и уменьшением солёности воды. Потепление климата сопровождается нагреванием верхнего слоя морской воды, что снижает растворимость газов в воде и, при неизменной продуктивности источников CO_2 , растёт его парциальное давление в атмосфере. При похолодании растворимость газов в охлаждающейся морской воде возрастает, что должно вести к умень-

шению его парциального давления в атмосфере.

Между тем многолетние регулярные измерения содержания атмосферного CO_2 сети островных и континентальных метеостанций показывают, что наблюдаемые вариации имеют противоположный характер: в холодный зимний период содержание CO_2 в атмосфере довольно существенно возрастает, а в тёплый летний — понижается. Такая цикличность прослеживается в обоих полушариях, но наиболее чётко — в высоких широтах Северного. В экваториальном поясе **межсезонные вариации** содер-

жания CO_2 проявляются намного слабее; а в южной тропической зоне свойственен неустойчивый характер вариаций с неоднократной сменой периодов нарастания и понижения содержания CO_2 .

Межсезонные колебания содержания CO_2 зафиксированы во всех широтных зонах Земли. На рубеже третьего тысячелетия амплитуды колебаний уменьшаются от 15–20 ppm на побережье Северного Ледовитого океана до 5–8 ppm в северной тропической зоне и до 2–5 ppm на экваторе. Согласно данным космического мониторинга, межсезон-

ные (зима–лето) изменения содержания CO_2 прослеживаются и в высоких слоях атмосферы, но их амплитуда меньше. На уровне 300 гПа¹ они составляют в полярной зоне Северного полушария лишь 5 ppm. Средняя для атмосферы Северного полушария амплитуда межсезонных изменений содержания CO_2 равна 8 ppm, что соответствует 10 ГтС. В результате сезонной цикличности парниковый эффект, обусловленный CO_2 , в зимнее время оказывается выше по сравнению с летним и частично компенсирует потери радиационного баланса, связанные с сезонным уменьшением прихода солнечной радиации, с повышением альбедо поверхности и со снижением содержания водяного пара в атмосфере. Особенно существенным этот эффект оказывается в зоне севернее 60° с.ш., где амплитуда межсезонных колебаний CO_2 достигает 20 ppm, а содержание основного парникового газа – водяного пара – крайне мало.

Причиной межсезонных колебаний содержания CO_2 могут служить такие явления и процессы, как сезонность антропогенного выброса, сезонные изменения фотосинтеза растительности в полярных, умеренных и субтропических широтах, а также вариации температуры и солености слоя перемешивания океана, вызывающие изменение растворимости газов в морской воде. Масштабы межсезонных вари-

аций антропогенного выброса (0,1 ГтС) и продуктивности приполярной биоты (0,5 ГтС) малы по сравнению с наблюдаемыми изменениями в содержании атмосферного CO_2 . Внутригодовые колебания продуктивности фотосинтеза и интенсивности разложения растительности по отдельности даже превышают регистрируемые вариации парциальной концентрации CO_2 . Однако изменяются они синфазно с внутригодовыми изменениями температуры, что существенно снижает их суммарный эффект.

Колебания интенсивности газообмена атмосферы и океана, связанные с сезонными изменениями температуры воды в слое перемешивания, также соизмеримы с флуктуациями парциальной концентрации CO_2 , однако имеют противоположную сезонную направленность. Надежные количественные оценки (с погрешностью в 1–2 ГтС) имеются лишь для ограниченного числа источников и стоков CO_2 (содержание в атмосфере, антропогенный источник, вулканизм, пожары). Оценки других источников и стоков различаются порой в несколько раз и даже на порядок. Отчасти поэтому дискуссионным остается представление о “катастрофической” роли антропогенного выброса в глобальном цикле углерода.

Практически неисследованный аспект этой проблемы – воздействие сезонной и многолетней ди-

намики распространения арктического ледяного покрова на условия газообмена гидросферы и атмосферы и вследствие этого на содержания парниковых газов в атмосфере.

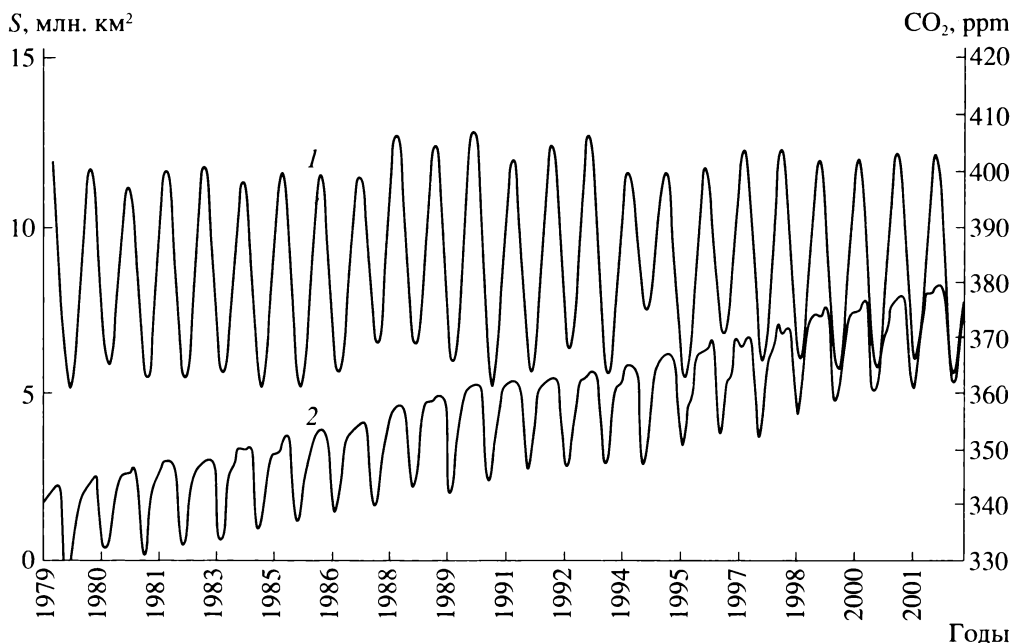
ВАРИАЦИИ ПЛОЩАДИ МОРСКИХ ЛЬДОВ

Изменения климатических условий в арктическом регионе находят отклик в вариациях площади распространения и толщины морского ледяного покрова. Обычно их анализируют в связи с суммарным энергетическим эффектом фазовых переходов, с изменениями альбедо и радиационного баланса поверхности, условий теплообмена океана и атмосферы.

Ежегодно, **в марте**, когда масса дрейфующего льда в акватории максимальна, площадь ледяного покрова составляет в среднем $13.5 \cdot 10^6 \text{ км}^2$, а **в сентябре** она уменьшается более чем вдвое, до $6 \cdot 10^6 \text{ км}^2$. Величина ежегодного сокращения площади льдов в весенне-летний период в большей степени зависит от их осеннего распространения. А оно, в свою очередь, определяется средней температурой летнего периода и его продолжительностью.

Коэффициенты диффузии газов в морском льду на 5–8 порядков ниже, чем в воде, что, собственно, и позволяет рассматривать морские льды как своего рода непроницаемую мембрану для газообмена океана с атмосферой, пере-

¹ гПа – гектопаскаль (единица давления).



Синхронность внутригодовых колебаний площади морского ледяного покрова (1) и содержания CO_2 в атмосфере полярной области (2) Северного полушария Земли в 1979–2002 гг. В зимний период содержание CO_2 в атмосфере возрастает относительно летних и среднегодовых значений.

крытого на длительный период ледяным покровом. В атмосфере надо льдом происходит накопление углерода, в том числе и антропогенного. Перекрывание части Мирового океана ледяным покровом препятствует стоку атмосферного углекислого газа в арктические моря: он накапливается в атмосфере полярной зоны, усиливая парниковый эффект. Это подтверждается сведениями о содержании углекислого газа в атмосфере полярной зоны и данными космического мониторинга.

АРКТИЧЕСКИЕ ЛЬДЫ И CO_2 В АТМОСФЕРЕ

Ежегодное возрастание концентрации CO_2 в атмо-

сфере Земли в среднем на 1.4 ppm (на $3.5 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$) составляет около 40% величины антропогенного выброса и, следовательно, не менее половины выброса утилизируется другими природными стоками CO_2 , в том числе и слоем перемешивания Мирового океана. Практически весь антропогенный выброс распределяется между атмосферой и слоем перемешивания океана.

За зимний период в атмосфере Северного полушария накапливается относительно предшествующего лета 10 Гт углерода, что более чем в 1.5 раза превышает общий антропогенный выброс на планете. Над северной полярной зоной (севернее 70° с.ш.),

площадь которой составляет 6% Северного полушария, амплитуда межсезонных колебаний содержания CO_2 достигает 20 ppm и за зимний период в арктической атмосфере накапливается 1.7 ГтС (почти 20% от общего повышения содержания CO_2 в полушарии). Повышенное содержание атмосферного CO_2 предполагает дополнительное растворение в весенне-летний период в слое перемешивания около 2.5 ГтС. Но даже при понижении концентрации CO_2 на 10 ppm относительно трендовых значений из арктической атмосферы может поступить только 1.7 ГтС. Восполнение дефицита углерода в атмосфере над Се-

верным Ледовитым океаном и в его слое перемешивания происходит за счет "высасывания" CO_2 из атмосферы умеренных и тропических широт, что ведет к постепенному понижению парциального давления CO_2 в атмосфере всего Северного полушария. При этом доля Северного Ледовитого океана в поглощении избыточного количества углерода, накопившегося над Северным полушарием в осенне-зимний период, повышается. К началу следующего зимнего периода в атмосфере Северного полушария остается около 18% поступившего в нее углекислого газа, что обеспечивает ежегодный прирост концентрации CO_2 на 1.4 ppm. Лишь 57% углекислого газа, накопленного в атмосфере за зиму, утилизируется за счет летнего фотосинтеза и растворения CO_2 в слое перемешивания остальных 86% морей Северного полушария.

НОВЫЕ КНИГИ

Вселенная младшего школьника

Известно, что многие астрономы и знаменитые конструкторы космических кораблей заинтересовались астрономией и полетами в космос в младшем школьном возрасте. Детям и внукам профессиональных астрономов, специалистов в области космонавтики и любителей астрономии адресована серия книжек **Е.П. Левитана** "*Астрономия для умных детей*".

Сезонные колебания антропогенного выброса, интенсивности фотосинтеза и площади распространения ледяного покрова происходят синфазно. Они увеличивают содержание CO_2 зимой и снижают в летний период. Еще один (четвертый) фактор – сезонное изменение температуры воды в слое перемешивания океана – оказывает противоположное воздействие: понижает растворимость CO_2 летом и увеличивает – зимой. Суммарное воздействие первых трех факторов в настоящее время является более сильным как в Северном, так и в Южном полушариях Земли. Однако в Южном полушарии амплитуда сезонного изменения площади морских льдов вдвое больше, чем в Северном, но также и вдвое больше отношение акватории к площади континентов. Влияние четвертого фактора (сезонного изменения растворимости) там оказывается

сильнее. Этим, собственно, и объясняется существенно меньшая амплитуда колебаний содержания CO_2 в Южном полушарии.

В результате сезонной цикличности парниковый эффект, обусловленный углекислым газом, в зимнее время оказывается выше по сравнению с летним и частично компенсирует потери радиационного баланса, связанные с сезонным уменьшением прихода солнечной радиации, повышением альбедо поверхности и со снижением содержания водяного пара в атмосфере. В целом климатический эффект ежегодных вариаций содержания атмосферного CO_2 , обусловленных в основном природными факторами, можно охарактеризовать как снижение континентальности климата, заключающейся в ослаблении суровости зимних климатических условий и в некотором похолодании летнего периода.

Это 10 книжек: "*Твое Солнышко*", "*Луна – внучка Солнышка*", "*В семье Солнышка танцуют все*", "*Звезды – Солнышкины сестрички*", "*Маленькие планетки*", "*Длинноволосые звезды*", "*Камни, которые упали с неба*", "*Звездные картинки*", "*Твой звездный город – Галактика*", "*Ау, инопланетяне!*". Первые четыре книжки вышли в издательстве "Белый город" еще в 2005 г. (Земля и Вселенная, 2005, № 4, с. 93), остальные – в 2007 г.

Эти книжки дети могут прочитать сами, но лучше, если они будут читать их с роди-

телями, чтобы потом вместе со взрослыми обсудить книжки и проводить простейшие дневные и вечерние астрономические наблюдения.

Учителя начальной школы, равнодушные к развитию своих учеников, могут организовать интересные факультативные занятия в III–IV кл. на основе книжек данной серии. Факультатив "*Астрономия для умных детей*" расширит знания любознательных ребят, полученные в курсах таких учебных предметов, как, например, "Окружающий мир".

Атмосферное электричество и происхождение серебристых облаков

А. А. СОЛОДОВНИК,

кандидат физико-математических наук
Обсерватория Северо-Казахстанского
государственного университета (СКГУ)

При всех достижениях в области изучения серебристых облаков нерешенным остается самый важный вопрос – об их происхождении. Базируясь на представлениях о поступлении водяных паров в мезосферу из тропосферы, мы предлагаем к рассмотрению механизм их вертикальной транспортировки, связанный с недавно открытым типом атмосферных электрических явлений и некоторыми особенностями строения тропопаузы.

Феномен серебристых облаков известен науке немногим более ста лет, в течение которых к его изучению обращались как метеорологи и геофизики, так и астрономы. Интерес астрономов к мезосферным серебристым облакам (в дальнейшем МСО) совсем не случаен. Он про-

диктован необходимостью учета влияния МСО на точность результатов фотометрических исследований небесных тел и подогревается идеями о влиянии космических факторов на возникновение и эволюцию МСО. В самом деле, фантастические картины, которые рисуются полями МСО в сумеречном сегменте ночного летнего неба, поражают воображение самых невозмутимых наблюдателей. Сравниться с ними по силе впечатления могут, пожалуй, только полярные сияния. Постоянные читатели “Земли и Вселенной”, интересующиеся серебристыми облаками, наверняка помнят статьи В.А. Бронштэна, Н.И. Гришина и других авторов (Земля и Вселенная, 1965, №№ 3, 5; 1966, № 4; 1967, № 2; 1986, № 1).

С годами интерес к изучению МСО растет в связи с обострением внимания к проблеме изменения кли-

мата Земли. Дело в том, что некоторые свойства этих, до сих пор загадочных, объектов таковы, что невольно подталкивают исследователей к мнению о серебристых облаках как о своеобразном индикаторе физического состояния атмосферы. Такой взгляд подтверждает сама интригующая история открытия этих атмосферных образований, впервые замеченных в конце XIX в. несколькими наблюдателями почти одновременно. Поразительно, что прекрасные наблюдатели предшествующих эпох их не отметили. Данные обстоятельства наводят на мысль о переходе атмосферы (или какой-то ее части) в это время в некое новое устойчивое состояние, возможно и определившее развитие климатических перемен. Кстати, случайно или нет, но время открытия серебристых облаков практиче-



Серебристые облака над Петропавловском в ночь на 6 июля 2006 г. Снимок В.Н. Бельченко.

ски совпало с началом индустриальной эпохи развития человечества и глобальных экологических изменений.

Трудами поколений исследователей создана подробная картина высотной структуры серебристых облаков, обоснована морфологическая классификация их форм, изучены особенности их движения. Были определены и оптические параметры частиц облачного аэрозоля. Обширный объем наблюдательных данных позволил провести статистические исследования свойств МСО, чтобы выявить их связь с состоянием нижних слоев атмосферы, солнечной активностью и другими факторами. Приятно отметить, что самый существенный вклад в изучение МСО внесли ученые Советского Союза, а впоследствии

России. Важнейшими этапами в познании природы МСО стали объяснение их высотного расположения ходом температурного профиля атмосферы Земли (наличием минимума температуры в области мезопаузы), а также идея о конденсации водяных паров на продуктах разрушения метеорных тел.

Успехи в познании природы МСО несомненны, но тщательный анализ соответствующей научной литературы показывает, что камнем преткновения был и остается вопрос о механизме поступления водяных паров в верхнюю часть мезосферы. В самых общих чертах решение здесь просматривается в двух конкурирующих направлениях: одно из них предполагает приток водяных паров из околоземного космического про-

странства, а второе — из нижних слоев атмосферы Земли. Не вдаваясь в анализ достоинств и недостатков различных механизмов, детализирующих эти альтернативные подходы, подчеркнем, что большие основания для доверия имеет идея о поступлении водяных паров “снизу”. Такое предпочтение основывается, в частности, на простоте объяснения статистических свойств серебристых облаков в контексте переноса водяных паров из тропосферы.

К сожалению, пока именно результаты статистической обработки наблюдательных данных о МСО и создают главным образом поддержку идее “подпитки” мезосферы водяными парами “снизу”. Хотя некоторые из них весьма значимы. К приме-



Серебристые облака над Петропавловском в ночь на 14 июля 2006 г. Снимок В.Д. Вдовиченко.

ру, пик частоты появления серебристых облаков в Северном полушарии Земли приходится на середину июля. Этому в среднем соответствует максимум влагосодержания тропосферы, что немаловажно.

Однако, несмотря на свою привлекательность, подобная идея отягощена серьезнейшей проблемой. Дело в том, что до сих пор не существует физически обоснованного механизма, объясняющего приток достаточного количества водяных паров из тропосферы в мезосферу. Можно сказать и категоричнее. Существует теоретически обоснованный запрет на интенсивный вертикальный перенос воздушных масс (и водяных паров) на большие высоты. Напомним, что в качестве способа переноса подразумевается кон-

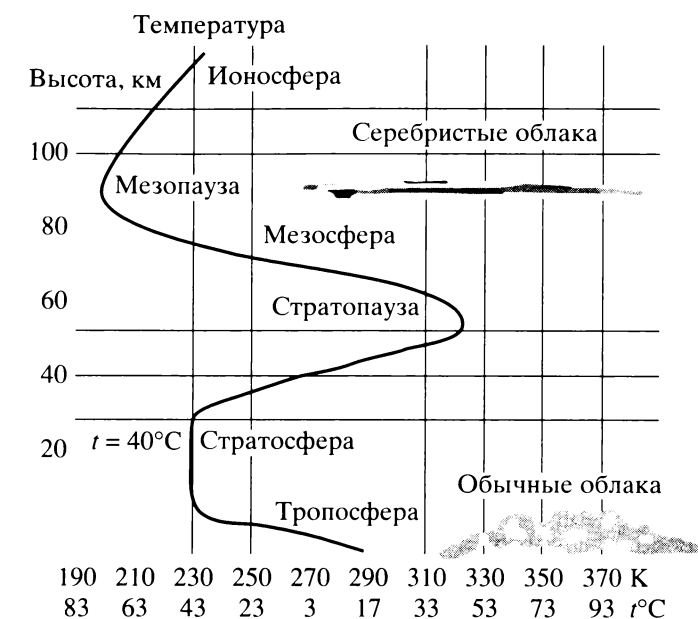
векция. Запрет, налагаемый на нее, связан с характером вертикального профиля температуры в земной атмосфере. Если в тропосфере температура падает с высотой почти по адиабатическому закону, то с приближением к верхней границе тропосферы падение температуры замедляется и сменяется ее небольшим ростом. Соответствующий слой атмосферы известен как тропопауза. Выше, в стратосфере, температура либо практически постоянна, либо растет с высотой. При таких обстоятельствах на высотах тропопаузы и во всей стратосфере обычный конвективный перенос воздушных масс (и водяных паров) становится невозможным. Но именно конвективные движения воздуха в тропосфере в основном опреде-

ляют содержание водяных паров в ней. Благодаря этому становится возможным образование различных форм тропосферной облачности.

Итак, термическая структура атмосферы Земли создает непреодолимое препятствие конвективному переносу водяных паров из тропосферы в мезосферу. В этом и состоит основной недостаток гипотезы о "подпитке" водяным паром слоя, где образуются серебристые облака "снизу". Нельзя не отметить, что содержание конденсированного вещества в единице объема серебристых облаков крайне низко и для их образования требуются сравнительно небольшие массы водяных паров, проникающих в мезосферу. С этим обстоятельством, в частности, связаны попытки объяс-

нить некоторые случаи появления полей МСО запусками космической техники.

Опыт изучения МСО в Обсерватории СКГУ побудил нас к поиску связи эпизодов появления серебристых облаков с разнообразием погодных явлений. Начнем с того, что подняться на большую высоту в тропосфере, а тем более преодолеть стратосферу за счет плавучести (под действием архимедовой силы) могут только воздушные массы, обладающие малой плотностью, а следовательно, повышенной температурой. Наглядный пример тому дает движение огненных шаров, образующихся при взрывах. В известной монографии Л.Т. Матвеева "Физика атмосферы" приводятся данные о высотах подъема "грибов" ядерных взрывов с различным тротиловым эквивалентом. Следы мощных взрывов достигают высот в десятки километров, глубоко проникая в стратосферу. Главная из причин, ограничивающих высоту их подъема, — вовлечение в вертикальное движение прилегающих холодных воздушных масс. За счет перемешивания оно ведет к быстрому охлаждению нагретого воздуха и потере им плавучести. Полагая, что на нагрев воздуха расходуется до 25% энергии взрыва, нетрудно найти, что средняя объемная



плотность тепловой энергии огненных шаров ("грибов" ядерных взрывов), достигающих в высоту 20–30 км и более, имеет величину порядка $2 \cdot 10^2$ Дж/м³. Интересно, что верхняя граница подъема масс нагретого воздуха растет с увеличением эквивалента взрыва даже при уменьшении средней объемной плотности тепловой энергии в огненных шарах, что, впрочем, легко объяснить падением плотности самого воздуха с высотой.

Среди природных процессов таким взрывам подобны разряды атмосферного электричества — молнии. Энергия обычных линейных молний заключена в пределах от 10^8 до 10^{10} Дж, а объемная плотность энергии в них достигает 10^7 Дж/м³. Однако такие разряды происходят чаще всего между облаками, реже между облаком и землей, и говорить об их влия-

нии на процесс переноса водяных паров в мезосферу не приходится. Гораздо интереснее, с нашей точки зрения, недавно открытые электрические разряды между вершинами грозовых облаков (высота 10–15 км) и ионосферой (область на высотах 80–90 км). К настоящему времени они изучены недостаточно, не устоялась даже соответствующая терминология. Различные типы высотных разрядов в литературе называют "спрайтами", "эльфами", "кобольдами". Из наблюдений известны высотная протяженность таких разрядов (70–80 км), их общий вид и оценочная энергия, превосходящая энергию линейных молний в тысячи раз, то есть заключенная в диапазоне значений 10^{11} – 10^{13} Дж. Если оценить диаметры спрайтов в десятки метров, нетрудно найти и свойственную им



Примерно так поступают водяные пары в область мезопаузы с высотными электрическими разрядами.

среднюю объемную плотность энергии. Минимальное ее значение составит примерно 10^3 Дж/м³, а максимальное 10^5 Дж/м³, что намного превышает объемную плотность тепловой энергии "огненных шаров", порожденных ядерными взрывами. Кроме того, высотные разряды под действием электрических сил распространяются именно вертикально вверх, и на эффективности связанного с ними подъема воздушных масс и водяных паров меньше сказывается вовлечение прилегающих холодных слоев воздуха. Следует учесть, что и само движение нагретого воздуха начинается в отличие от наземных взрывов с высот 10–15 км. **Таким образом, возможность быстрого подъема**

масс влажного воздуха в мезосферу под действием высотных электрических разрядов имеет веское физическое обоснование.

Принимая в расчет, что воздух над вершинами грозовых облаков насыщен водяными парами, мы полагаем, что предложенный механизм их доставки в мезосферу имеет высокую эффективность. В дополнение к этому "спрайты", "эльфы" и "кобольды" могут содействовать вертикальному переносу водяных паров за счет диссоциации части молекул воды на водород и кислород (что свойственно и обычным линейным молниям). Водород легко достигает мезосферы, где, соединяясь с имеющимся атомарным кислородом и

его ионами, вновь образует воду. Такой процесс способен существенно повысить действенность переноса водяных паров из тропосферы в мезосферу за счет электрических сил.

Предполагая, что частота появления серебристых облаков в контексте изложенного будет зависеть от числа грозных дней и энергии гроз, мы можем легко объяснить сезонный ход частоты наблюдений МСО. Сложнее объяснить широтные эффекты их появления. Ведь мощные грозы свойственны скорее тропическим широтам. Разумеется, на возможность наблюдения МСО влияет длительность сумерек, которая оптимальна на средних широтах. Но дело не только в этом.

На наш взгляд, следует обратить внимание на важную особенность строения атмосферы, связанную с тропопаузой. Если в области тропических и полярных широт она четко выражена, то в умеренных широтах отмечается двухслойное ее строение, обусловленное перекрытием тропического и полярного фрагментов. При этом вид вертикального хода температуры на высотах от 10 до 20 км, возможно, снижает "ограничения" на конвективные движения нагретых воздушных масс.

Заметное значение на до-ставку водяных паров в нижние части стратосферы может иметь и взаимодействие перемещающихся атмосферных циклонов с меридиональными горными хребтами, в частности в нашем регионе это Уральский хребет. Любой циклон представляет собой сверхмощную тепловую машину с развитым вертикальным переносом воздушных масс. На высоты порядка 10 км и более при этом доставляется гигантское количество водяных паров, формирующих мощные облачные системы. При типичном для нашего региона движении циклонов с запада на восток и встрече их с меридиональными горными хребтами возникает дополнительный импульс вертикального движения воздуха. Благодаря этому, насыщенный влагой воздух в зоне "разрыва" тро-

попаузы способен достичь нижней части стратосферы. Сходный эффект может быть обеспечен и взаимодействием подвижных теплых циклонов с холодными антициклонами. Отмеченное обстоятельство до некоторой степени способно объяснить различие в частоте наблюдения МСО на разных широтах. Но основным фактором, определяющим образование серебристых облаков, мы полагаем все-таки электрические явления! Остается добавить, что продвижение циклонов сопровождается, как правило, формированием протяженных грозовых фронтов, и картина доставки водяных паров в мезосферу в области умеренных широт станет достаточно полной.

В контексте предложенного механизма переноса водяных паров становится более прозрачной

связь феномена серебристых облаков с метеорологическими явлениями. Так, в сезон летних наблюдений МСО в городе Петропавловске (Северный Казахстан) в 2006 г. нам удалось впервые успешно предсказать за 1–2 дня появление обширных полей серебристых облаков в период 5–7 и 13–15 июля. Прогноз основывался на метеорологических сведениях (в виде синоптических карт) о приближении к Западно-Сибирской низменности циклонов с грозовыми фронтами с европейской территории России через Уральский хребет. Разумеется, единичные наблюдения не дают полных доказательств нашей гипотезы, но на их основе нами разработана совершенно новая перспективная программа изучения мезосферных серебристых облаков.

Информация

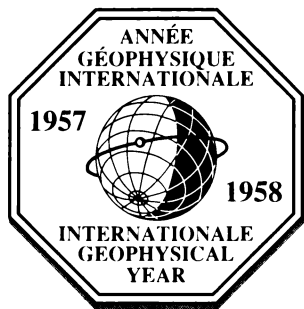
Звезды вблизи центра Галактики

Недавно получено новое мозаичное изображение центра Млечного Пути, собранное из тысяч снимков космической инфракрасной обсерватории "Спитцер" (NASA). На ней можно увидеть звезды на раз-

личных стадиях эволюции (см. стр. 4 обложки). Центр нашей Галактики находится на расстоянии около 26 тыс. св. лет (созвездие Стрельца). Вокруг ядра Млечного Пути, где расположена супермассивная черная дыра, вращаются рукава. Звезды в галактическом центре живут всего несколько миллионов лет или меньше (возраст Солнца 4.5 млрд. лет!). С помощью телескопов "Спитцера" и других космических обсерваторий ученые определяют, какие звезды расположены вблизи галактического центра,

а какие – в спиральных рукавах. Галактический центр очень ярок в инфракрасном диапазоне. Это позволяет выявлять происходящие там процессы, несмотря на обилие газопылевых облаков и выбрасываемого вещества звездным ветром, препятствующих наблюдению в оптике и ультрафиолете.

Пресс-релиз Смитсоновского астрофизического центра Гарвардского университета и Калифорнийского технологического института (NASA), 10 февраля 2007 г.



Самая северная экспедиция МГГ

В. А. МАРКИН,
кандидат географических наук

Идея международного сотрудничества в исследовании Земли, воплощенная в глобальной эпопее Международного геофизического года 1957–1959 гг. (МГГ), родилась в высоких северных широтах. Австрийский геофизик К. Вайпрехт высказал ее по возвращении из полярного плавания, в котором был открыт самый северный на нашей планете архипелаг. Первооткрыватели назвали его именем императора Австро-Венгрии. Во время МГГ

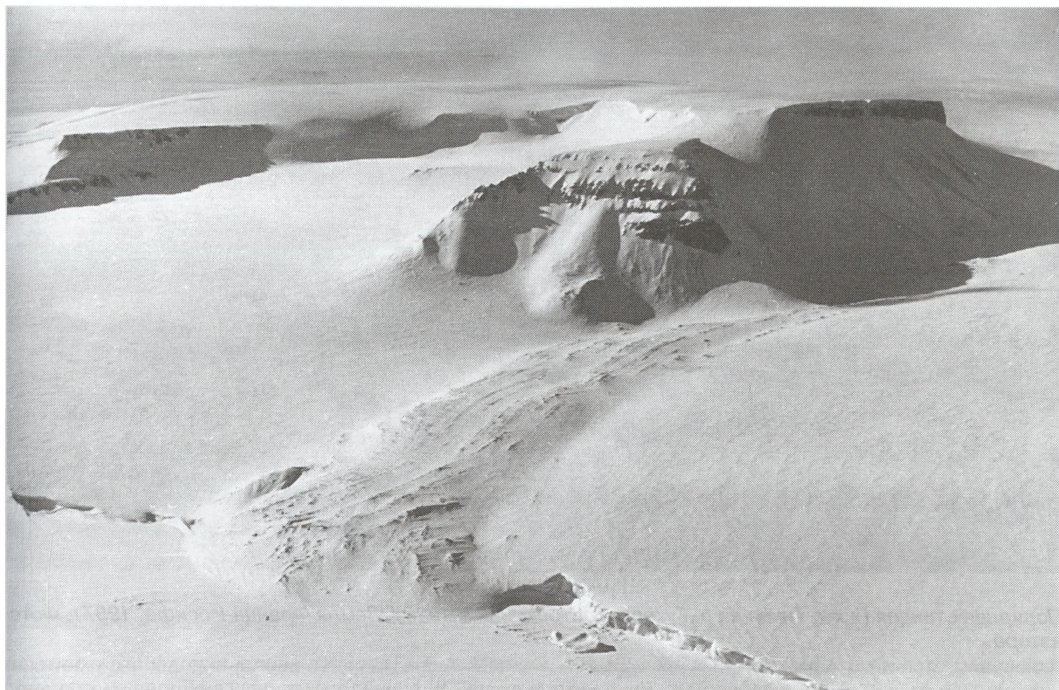
(Земля и Вселенная, 2007, № 4) Земля Франца-Иосифа стала одним из объектов научных работ. На островах, расположенных на 80–82° с.ш., по программе МГГ в 1957–1959 гг. помимо метеорологов старейшей в стране полярной станции Бухта Тихая и вновь организованной Высокоширотной обсерватории на о. Хейса работала гляциологическая экспедиция Института географии АН СССР. Автор – один из ее участников.

АНТИПОД ЛЕДЯНОЙ АНТАРКТИДЫ

Земля Франца-Иосифа (часто применяется сокращение ЗФИ), состоящая из более двухсот островов общей площадью 16 тыс. км², представляет особый интерес из-за исключительно высокой степени покрытия суши ледниками – более 80%. Только на южнополярном материке интенсивность оледенения столь же велика, хотя масштабы территорий несопоставимы. Это миниатюрный антипод грандиозной ледяной Антарктиды – ее многократно уменьшенная модель. В этом своеобразном “музее” гляциологии встречаются почти все типы ледников, известные на Земле, – от ледниковых покровов, принимающих форму правильных (караваеобразных) куполов, до длинных и карликовых (каровых, присклонных). Находясь в той части Северного полушария, где могучее теплое течение

Гольфстрим достигает Арктики и под ее холодным воздействием теряет свою энергию, Земля Франца-Иосифа оказывается во власти атлантических циклонов, снабжающих ее снегом. Ее зимы заметно теплее, чем на восточнее расположенных Новой Земле и Северной Земле, а лето столь же холодное, как на антарктическом побережье. Одна из задач экспедиции состояла в исследовании взаимоотношений оледенения архипелага и климата.

Рабочая группа по гляциологии Советского междуведомственного комитета МГГ и Институт географии АН СССР снарядили в 1957 г. экспедицию для исследования ледников Земли Франца-Иосифа. Там же, с ближайших к Северному полюсу участков суши, намечено провести запуск первых метеорологических ракет для наблюдений в верхних слоях атмосферы.



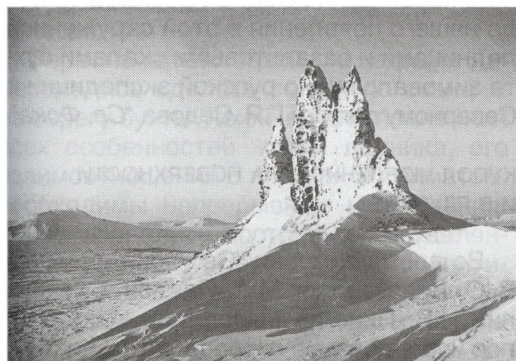
Типичный ландшафт Земли Франца-Иосифа ("Маленькой Антарктиды"), самого северного архипелага нашей планеты ($80-82^{\circ}$ с.ш.). 1958 г. Фото М.Г. Гросвальда.

Научным руководителем всех гляциологических экспедиций МГГ, работавших также на Полярном Урале, Новой Земле, Памире, в горах Якутии, Алтая, Тянь-Шаня и в Антарктиде, был член-корреспондент АН СССР (впоследствии академик) Г.А. Авсюк (Земля и Вселенная, 2007, № 1). Совместно с профессором П.А. Шумским им составлена *"Программа и общие указания по проведению гляциологических исследований МГГ"*. Экспедицию на Зем-

лю Франца-Иосифа утвердил своим приказом от 17 августа 1956 г. директор Института географии АН СССР академик И.П. Герасимов.

В течение нескольких месяцев формировалась научно-производственная база экспедиции. Снаряжение и оборудование получали на московских складах "Академснаба", один из которых находился в Мароновском переулке, во дворе того дома, где в настоящее время располагается редакция журнала "Земля и Вселенная".

18 июля 1957 г. теплоход *"Немирович-Данченко"* вышел из Архангельска в Белое море, взяв на борт сотрудников экспедиции и ее груз (почти 200 т), и направился через Баренцево море к Земле



Аметистовая дайка на о. Хейса и купол Гидрографов (на заднем плане) – первые объекты исследований гляциологической экспедиции Института географии АН СССР, работавшей по программе МГГ. Земля Франца-Иосифа. 1957 г. Фото П.С. Владимирова.



Полярная станция Бухта Тихая на о. Гукера, построенная в 1929 г. Земля Франца-Иосифа. 1957 г. Фото автора.

Франца-Иосифа. В 12 милях от южной оконечности архипелага, мыса Флора, теплоход окружили морские льды, он лег в дрейф, и, лишь следуя за ледоколом "Капитан Воронин", смог утром 26 июля приблизиться к о. Хейса, расположенному в центральной части архипелага, примерно в 100 км к северо-востоку от о. Гукера.

Поскольку местоположение старейшей в стране гидрометеорологической обсерватории *Бухта Тихая* на о. Гукера было признано недостаточно репрезентативным, после завершения МГГ ее решили закрыть, а ряд наблюдений продолжила новая обсерватория – на о. Хейса. В 1957 г. на берегу небольшого озера, названного Космическим, начали возводить поселок и стартовую площадку для запуска геофизических ракет.

Используя круглосуточный полярный день, участники экспедиции, пока судно стояло под разгрузкой, провели маршрутные исследования ледникового купола Гидрографов и прилегающей к нему территории, огражденной базальтовой Аметистой дайкой. В частности, исследована система маргинальных (краевых) каналов, образовавшихся в результате

ежегодного отступления края купола. Когда разгрузка завершилась, на палубу теплохода погрузили домик на полозьях (балок), построенный из досок, которыми были обшиты ракеты. Так экспедиция начала обустройство и научные исследования еще на острове Хейса.

16 августа 1957 г. "Немирович-Данченко" стал на якорь в бухте о. Гукера, названной еще Георгием Седовым в 1913 г. Тихой. Через 16 лет, в 1929 г., на ее берегу построили первую в Советском Союзе и самую северную тогда в мире полярную станцию *Бухта Тихая*. Она была открыта О.Ю. Шмидтом, возглавлявшим плавание к Земле Франца-Иосифа ледокольного парохода "Г. Седов". Всего за 45 лет до нашего появления в этой окруженной ледниками и базальтовыми скалами бухте зимовало судно русской экспедиции к Северному полюсу Г.Я. Седова "Св. Фока".

КУПОЛ ЧЮРЛЁНИСА: НА ПОВЕРХНОСТИ
И В ГЛУБИНЕ

Во время зимовки "Св. Фоки" географ В.Ю. Визе, геолог М.А. Павлов и художник Н.В. Пинегин выполнили комплексное исследование острова, в том числе и



Участники экспедиции (слева направо) – В.А. Маркин, А.Н. Кренке, И.Г. Пархоменко – и погружившийся в лед дом на вершине купола Чюрлёниса. В нем на протяжении 26 месяцев в 1957–1959 гг. находилась база гляциологической экспедиции Института географии АН СССР, проводившей исследования по программе МГГ. Земля Франца-Иосифа, о. Гукера. 1957 г.

некоторых его ледников. Базальтовое плато за скалой Рубини с ледником правильной куполообразной формы напомнило Н.В. Пинегину фантастические картины литовского художника, вернисаж которого он посетил в Петербурге перед отъездом. Н.В. Пинегин назвал этот участок острова “горами Чурляниса”, следуя употреблявшейся тогда транскрипции фамилии М.К. Чюрлёниса. Московские гляциологи вернули топониму правильное написание (как оно звучит по-литовски). Свой гляциологический стационар они разместили на вершине купола Чюрлёниса.

Первоначально базой экспедиции намеревались сделать полярную станцию на берегу бухты Тихой, но для понимания всех особенностей жизни ледника, его взаимоотношений с погодой и климатом, необходимы непрерывные наблюдения. Воспользовались постройкой, оставленной экспедицией ленинградского Арктического института, работавшей на куполе Чюрлёниса в конце 1940-х и начале 1950-х гг. Правда, за прошедшие годы до-

мик “утонул” в леднике по самую крышу, и его предстояло освободить от заполнивших его льда и талой воды.

Завершив разгрузку в бухте, участники экспедиции стали постепенно поднимать снаряжение и оборудование на вершину купола. К несчастью, сразу же вышел из строя трактор, и пришлось заменять его, впрягаясь в легкие нарты с полозьями из лыж. Перевозка основных экспедиционных грузов заняла больше месяца. Одновременно с ней освобождали вручную от воды и льда домик на куполе.

Параллельно с восстановлением жилого помещения в северной части вершинной поверхности купола, на высоте 363 м над уровнем моря оборудована метеорологическая площадка, на которой установили мачту с флюгером для определения скорости и направления ветра, две психометрические будки, осадкомер, будку и специальную подставку (“стрела”) для актинометрических приборов и гелиографа, оборудовали площадки для снегомерных, метелемерных и градиент-



Участники экспедиции гляциологов Института географии АН СССР по прибытии на о. Гукера. Слева направо: В.Л. Суходровский, Н.В. Базанова, Л.Д. Базанов, И.Г. Пархоменко, В.А. Маркин, В.С. Толмачев, Т.В. Псарёва, А.В. Зимников, Л.С. Воронина, Н.Г. Разумейко, А.Н. Кренке. Сентябрь 1957 г. Фото М.Г. Гросвальда.

ных наблюдений турбулентных тепловых потоков. Сеть снегомерных рек, забуренных в лед, положение которых определено геодезическим путем, использовалась и для регулярных измерений скорости движения льда.

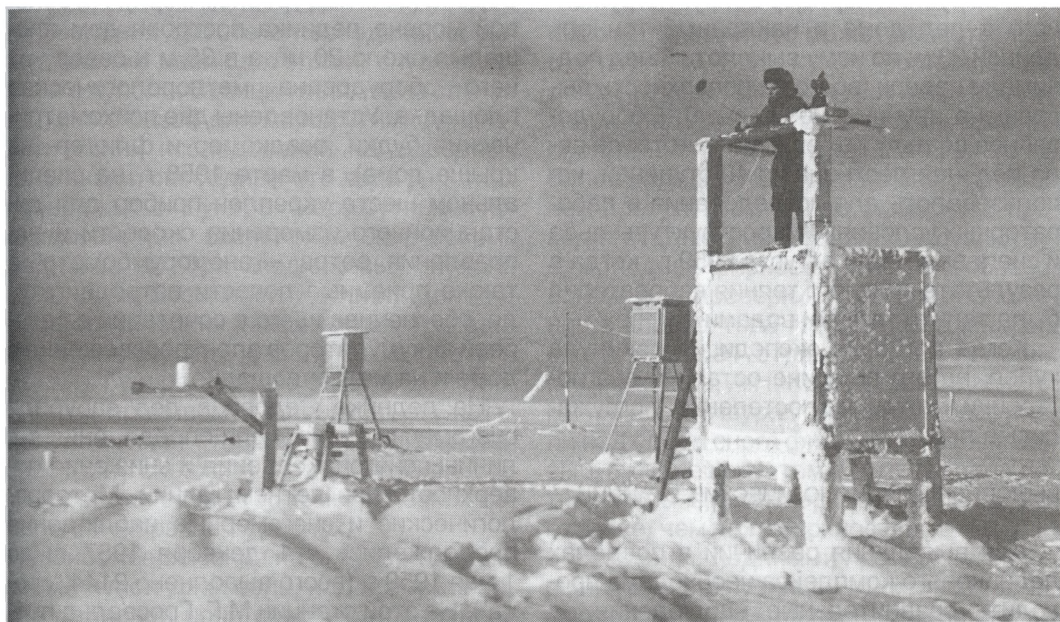
1 октября 1958 г. метеостанция, которой был присвоен международный индекс А-009, начала регулярные наблюдения в соответствии с международной программой. Они проводились 8 раз в сутки (периодически повторялись через каждые три часа), а один раз в месяц выполнялись суточные циклы ежечасных актинометрических и градиентных наблюдений.

Между сотрудниками были распределены исследования по 10 темам. Геоморфолог В.Л. Суходровский, назначенный начальником экспедиции, отвечал за изучение современных геоморфологических процессов в приледниковой зоне.

Геодезист О.Н. Виноградов выполнял геодезические и картографические работы. М.Г. Гросвальд исследовал структуру и геологическую деятельность ледников, историю их формирования и эволюцию. А.Н. Кренке, возглавлявший комплекс гляциоклиматологических исследований, проводил снегомерные и метелемерные наблюдения. Автор статьи изучал радиационный и тепловой баланс поверхности, их связь с изменениями погоды. Н.Г. Разумейко исследовала температурный режим в толще ледника, Т.В. Псарёва – его внутреннюю структуру и процессы преобразования снега и льда. Горный инженер Л.Д. Базанов отвечал за постановку механического бурения льда (с помощью самоходной буровой установки СБУ-49). В регулярных метеорологических и актинометрических наблюдениях участвовали лаборанты Н.В. Базанова, Л.С. Воронина, А.В. Зимников,



Геодезист О.Н. Виноградов исследует структуру льда, обнажившегося из-под снега. Ледник Седова, о. Гукера, Земля Франца-Иосифа. 1958 г. Фото М.Г. Гроссвальда.



Метеоролог экспедиции Л.С. Воронина выполняет актинометрические наблюдения на гляциологической станции МГГ "Купол Чюрлёниса". Зима 1958 г. Фото М.Г. Гроссвальда.

С.Г. Пархоменко. В случае необходимости каждый сотрудник принимал участие в исследованиях по всем темам, а также в проведении хозяйственных работ.

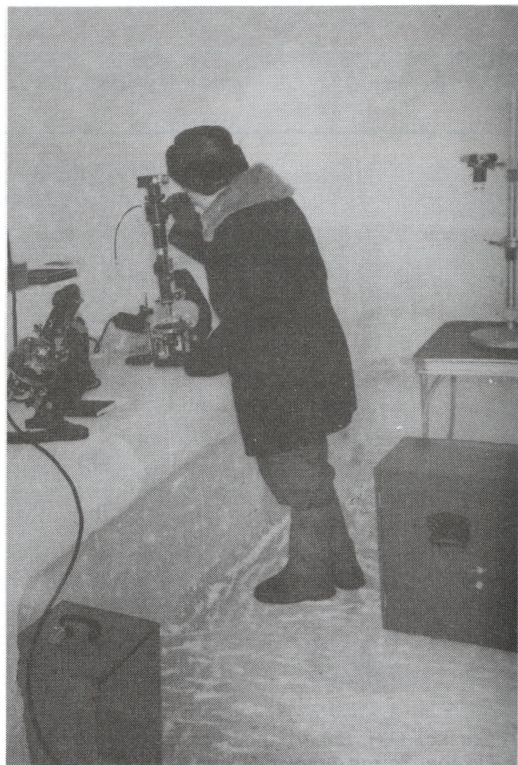
Летом 1958 г. с помощью самоходной буровой установки на вершине купола провели механическое бурение льда. Из скважины глубиной 70 м с разных уровней извлекли ледяной керн, по которому изучена структура ледника. На разных глубинах в лед были заморожены соединенные в единую "плеть" полупроводниковые термометры сопротивления (термисторы). Снимая показания электрического сопротивления, получали данные о температурах в глубине ледникового купола. Другие скважины для измерения глубинных температур пробурены на склонах купола и на леднике Седова, их общая длина превысила 200 м.

Зимой 1958/59 г. во льду купола, на глубине 10 м, где в течение всего года сохраняется постоянная температура (около -9°C), устроили холодную лабораторию: вырубили коридор вокруг погруженного в лед дома и наклонный тоннель длиной 23 м; по нему выколотый лед поднимали вверх (всего на поверхность выброшено вручную 90 м³ льда). Оборудованное во льду помещение, в которое вела ледяная лестница из 40 ступеней, использовалось для исследования в лабораторных условиях микроструктуры льда и снега вплоть до августа 1959 г., когда в результате сильного таяния лаборатория была залита тальными водами.

Когда в 1959 г. экспедиция покинула купол, на его вершине остались все постройки, которые постепенно погружались в лед.

ВЫНОСНЫЕ ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Для выявления различий в пределах ледникового комплекса необходимо проводить сравнительные наблюдения на других ледниках острова. Постоянно в течение двух лет такая станция ("выносная") действовала у подножия купола, на



спускающемся с него выносном леднике Седова (61 м над уровнем моря). На боковой морене ледника построен дом площадью около 20 м², а в 30 м к северу от него оборудована метеорологическая площадка. Установлены две психометрические будки, осадкомер и флюгер (на крыше дома), в марте 1958 г. на специальном шесте укреплен прибор для дистанционного измерения скорости и направления ветра — анеморумбометр, а также приемные лопасти ветродвигателя, обеспечивавшего в сочетании с батареей аккумуляторов электроосвещение в доме и на метеоплощадке.

На леднике Седова в лед забурили снегомерные рейки для определения величины снегонакопления и снижения поверхности при летнем таянии. Метеорологические и снегомерные наблюдения продолжались с 1 декабря 1957 г. до 1 мая 1959 г. (всего выполнено 2144 "срок"). На этой станции М.Г. Гросвальд проводил морфометрические и структурные наблюдения снега и льда по разработанной им методике. Он же выполнял метео-



Ледниковый купол Джексона, наиболее высокий на о. Гукера, на котором гляциологическая экспедиция Института географии АН СССР, работавшая по программе МГГ, обнаружила холодную фирновую зону льдообразования. На переднем плане базальтовая скала Рубини с одним из крупнейших в Арктике птичьим базаром. 1959 г. Фото М.Г. Гросвальда.

наблюдения вместе с периодически дежурившими наблюдателями, спускавшись с купола. Станция постоянно служила также базой для маршрутных гляциологических исследований на выводных ледниках и свободных ото льда участках побережья о. Гукера. Маршрутными исследованиями были охвачены восемь ледников и три ледниковых купола (Джексона, Безымянный, Юрия). Для геоморфологических и мерзлотных исследований посещались базальтовые плато и мысы о. Гукера, а также отделенный от о. Гукера проливом Мелениуса о. Скотт-Келти. Вблизи станции *“Ледник Седова”* пробурили скважину во льду глубиной 15 м и провели серии термометрических измерений на разных уровнях.

Наиболее высокий на о. Гукера ледниковый купол Джексона, над которым после полярной ночи впервые появлялось Солнце, стал третьей выносной станцией. По карте расстояние между вершинами двух куполов – всего 20 км, но разница

высот – 160 м, и это может оказаться существенным. Если купол Чюрлёниса целиком находится в области ледяного питания (лед формируется при замерзании пропитанного талой водой снега), то на более холодном его соседе снег, прежде чем превратиться в лед, возможно, проходит стадию фирнизации, там существует холодная фирновая зона льдообразования. Для проверки этого предположения в апреле 1958 г. на купол Джексона был отправлен отряд из трех человек (Л.Д. Базанов, А.Н. Кренке, В.А. Маркин). Начав копать шурф, они сразу обнаружили под слоем снега фирн. В его толще они вырубили пещеру: там отсутствовали ветер и метель, а температура была намного выше, чем на поверхности.

В фирне с ледяными прослойками вырыли шурф глубиной 10 м, все слои, вскрытые в нем, описаны с измерением плотности и температуры. Поднявшиеся через несколько дней на купол Джексона О.Н. Виноградов, М.Г. Гросвальд и

Т.В. Псарева провели тахеометрическую привязку вершины купола к триангуляционному знаку. А в июне 1958 г. Н.Г. Разумейко и Л.В. Зюзин в дне 10-метрового шурфа пробурили вручную скважину до глубины 20 м, в которой установили термисторы для измерения температуры снега, фирна и льда на разных уровнях.

Уже на исходе двухлетнего периода работы экспедиции удалось совершить облет значительной части архипелага на самолете-биплане АН-2. С воздуха осмотрены острова Гукера, Кетлица, Нансена, Притчетта, Мак-Клинтока, Галля, Альджера, Ньютона, Хейса, Солсбери, Винер-Нейштадт, Циглера, Грили, Райнера, Карла-Александра, Рудольфа. Дешифрирование фотоснимков позволило определить площади ледников и высоту снеговой линии на этих островах.

24 августа 1959 г. в бухту Тихую вошел теплоход *"Иван Москвин"*. Он доставил гляциологическую экспедицию Института географии АН СССР, закончившую свои работы на о. Гукера, в пос. Диксон, откуда ее участники самолетом вылетели в Москву.

В ходе камеральной обработки первичных материалов потребовались дополнительные данные. И в 1961 г. была организована поездка на Землю Франца-Иосифа двух участников ледниковой зимовки – В.Л. Суходровского и В.А. Маркина с лаборантом В.В. Петрасовым. Гляциологи провели геоморфологические, гляциологические и метеорологические исследования на самом западном острове архипелага – Земле Александры и самом восточном – Грезм-Белл. Главная цель поездки – проверка гипотезы об асимметрии ледниковых покровов, построенной по данным исследований на о. Гукера, в масштабе всего архипелага. Для этого совершен облет на вертолете островов восточной части архипелага. Комплекс наблюдений (включая снегомерную съемку) провели на ледниковых куполах Полярных Летчиков и Кропоткина (Земля Александры), а также Солнечном и Ветреном (о. Грезм-Белл). В результате установлены гляциоклиматические различия на периферии Земли Франца-Иосифа. В конце 70-х гг. XX в. эти купола посетила экспедиция Института

географии АН СССР (А.Ф. Глазовский, Ю.Я. Мачерет), подтвердившая существование холодной фирновой зоны на высоких куполах архипелага и другие выводы экспедиции МГГ. Главный из них – климатически обусловленная асимметрия оледенения "Маленькой Антарктиды".

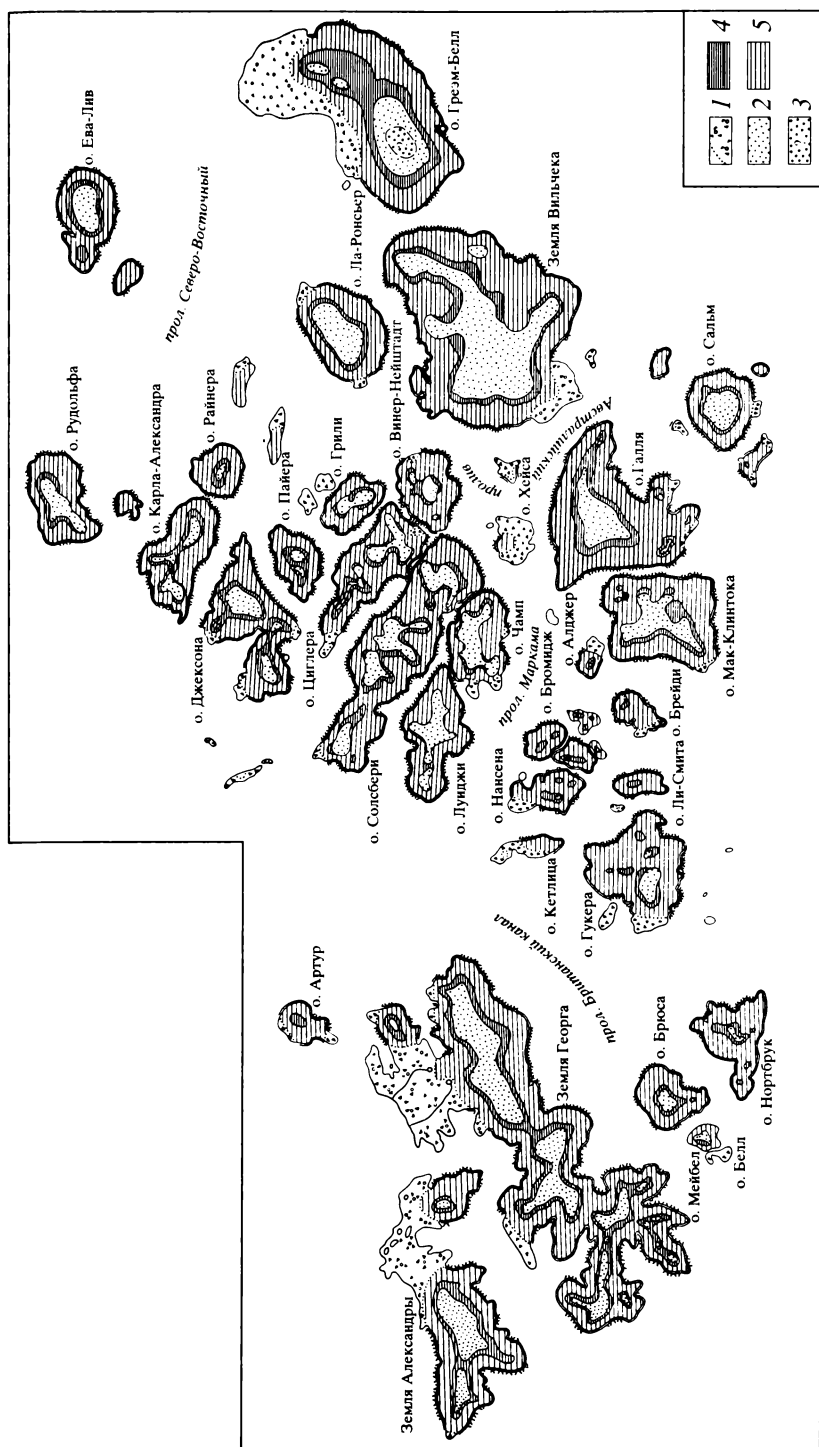
ОСНОВНЫЕ ИТОГИ

Комплексные исследования экспедиции МГГ на протяжении 26 месяцев при использовании материалов всех предыдущих исследований впервые представили достаточно полную картину оледенения самого северного в Евразии архипелага.

Экспедиция установила, что площадь оледенения архипелага составляет 13735 км², средняя толщина ледниковых покровов – 180 м, объем аккумулированной в ледниках воды – 2250 км³. Как и большинство ледников земного шара, ледниковые купола Земли Франца-Иосифа сокращаются по площади и объему льда: в период с 1930 г. по 1959 г. масса льдов на архипелаге уменьшалась со средней скоростью более 3 км³ воды в год.

Поступление солнечной радиации на ледники архипелага ослаблено постоянным облачным покровом. Ее поглощение поверхностью незначительно из-за исключительно высокого альбедо. Исследования структуры ледников, закономерностей их движения, геологической деятельности и эволюции позволили утверждать, что 12–10 тыс. лет назад ледники на архипелаге полностью исчезли, а затем на протяжении послеледникового периода (голоцена) испытali не менее трех стадий возрождения, чередовавшихся с этапами интенсивного сокращения. Со второй половины XX столетия большая их часть неуклонно отступает.

Возникновение современного оледенения на островах обусловлено климатическими условиями Западной Арктики: сочетанием относительно больших сумм зимних (исключительно снежных) атмосферных осадков с очень низкими летними температурами. В пределах архипелага выделено четыре ледниковых комплекса: покровные, покровно-сетчатые,



Зоны льдообразования и типы температурного режима ледников на Земле Франца-Иосифа. 1 – свободная ото льда суша; 2 – холодная фирновая зона с влажно-холодным типом температурного режима; 3 – зона ледяного питания с континентальным типом температурного режима; 4 – область абляции с континентальным типом температурного режима; 5 – берега свободной ото льда суши и фронты выводных ледников. Из монографии "Оледенение Земли Франца-Иосифа" (М.: Наука, 1973).

сетчато-предгорные и ледники плато, а также четыре зоны льдообразования, для каждой из которых характерен свой тип температурного режима. Наиболее значительное оледенение наблюдается на востоке и юго-востоке архипелага, а самые сложные ледниковые комплексы тяготеют к западной и центральной его частям. Основная закономерность оледенения региона – его асимметрия – объясняется прежде всего климатическими различиями в пределах Земли Франца-Иосифа, обусловленными особенностями атмосферной циркуляции над северо-западной окраиной Северного Ледовитого океана. Большинство циклонов, приносящих снежные осадки, перемещается от Исландии через Баренцево море южнее Земли Франца-Иосифа. На фоне общего убывания количества осадков в высоких широтах с запада на восток заметно увеличение осадконакопления на восточных островах по сравнению с западными, равно как на юго-восточных склонах ледниковых покровов в пределах каждого острова. Определенную роль в формировании этой асимметрии играет также неодинаковая расчлененность подледникового фундамента.

Подмеченная на Земле Франца-Иосифа юго-восточная асимметрия характерна, как выяснилось в дальнейшем, и для других ледниковых регионов Арктики, в

частности в Гренландии, на Шпицбергене, Новой Земле, Северной Земле.

Первичные результаты наблюдений экспедиции МГГ на Земле Франца-Иосифа опубликованы в 1960–1970 гг. в 12 выпусках “Материалов гляциологических исследований”, обобщенные результаты изложены в монографии “Оледенение Земли Франца-Иосифа”, изданной в 1974 г. Ее авторы – члены научной экспедиции, ответственные редакторы – академики Г.А. Авсюк и В.М. Котляков. Монография была отмечена Почетным дипломом Географического общества СССР и признана значительным вкладом в гляциологию.

Исследования ледникового покрова Земли Франца-Иосифа в период МГГ продолжены многолетней Шпицбергенской гляциологической экспедицией Института географии РАН, начавшейся в 1965 г. и продолжающейся по сей день: ежегодно каждый полевой сезон гляциологи наблюдают за состоянием ледников (Земля и Вселенная, 1994, № 4). В программе исследований Международного полярного года (МПГ: 2007–2008) предусмотрены работы гляциологов и на Земле Франца-Иосифа. Они уже начались – с проведения радиолокационной съемки ледниковых куполов архипелага (Земля и Вселенная, 2007, № 5).

Информация

Гигантская экзопланета

Самую большую экзопланету, TReS-4, которая превышает в 1.7 раза по диаметру Юпитер, открыла группа астрономов из Обсерватории Лоуэлла (США) под руководством Э. Данхэма в ходе реализации проекта поиска экзопланет TReS (Trans-Atlantic Exoplanet Survey – трансатлантический обзор экзопланет). Астрономы применяли в

обзорах звезд, у которых предполагают найти планеты, сеть автоматизированных телескопов с малой апертурой, расположенных на Канарских островах, в штатах Аризона и Калифорния. Затем полученные данные использовали при выборочных исследованиях с помощью мощных телескопов, установленных в обсерваториях Аризоны и на Гавайях.

TReS-4 обращается вокруг звезды, находящейся от нас на расстоянии 1400 св. лет в созвездии Геркулеса. Она расположена примерно в 20 раз ближе к звезде, чем Земля к Солнцу, а период ее обращения составляет 3.5 сут. По массе и

размерам экзопланеты удалось определить ее плотность. Она оказалась чрезвычайно низкой – около 0.2 г/см^3 и сравнима с плотностью пробкового дерева ($0.2\text{--}0.34 \text{ г/см}^3$) или бальсы (0.15 г/см^3). Температура на поверхности планеты может быть около 1400°C . Но и такой высокой температуры недостаточно, чтобы объяснить аномально низкую плотность необычной экзопланеты. Не исключено, что это вообще не экзопланета.

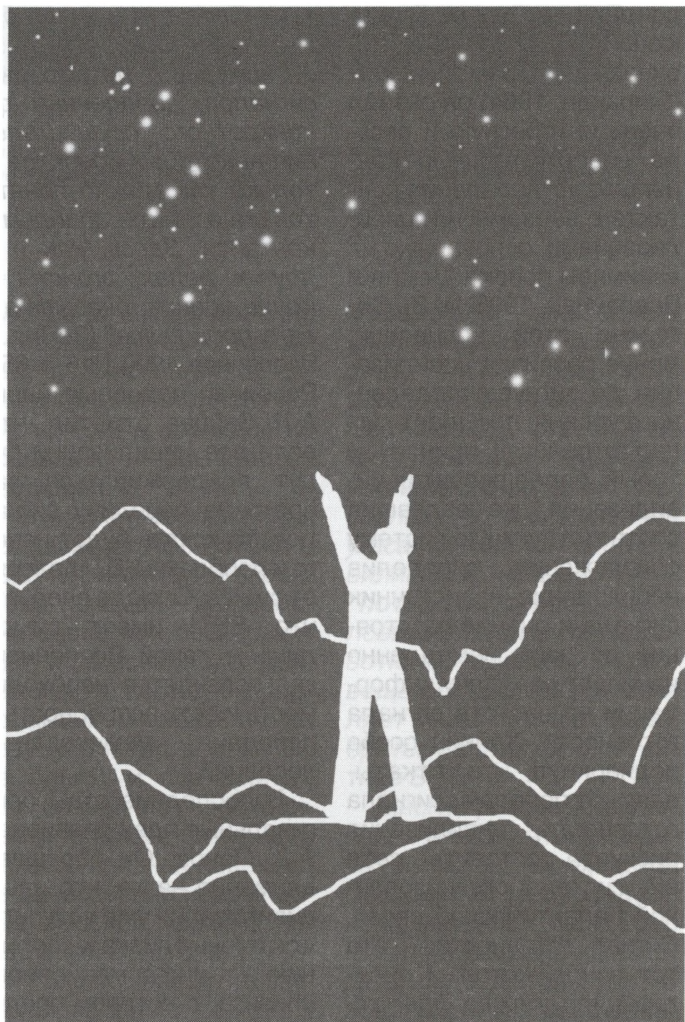
По материалам Интернет-сайта “SpaceneWS”.
7 августа 2007 г.

Надо ли отправлять послания внеземным цивилизациям?

Л. М. ГИНДИЛИС,
кандидат физико-математических наук
ГАИШ МГУ

В последнее время в Интернете развернулась дискуссия о том, не опасно ли передавать сигналы в адрес предполагаемых внеземных цивилизаций. А что если ОНИ, получив наш сигнал, немедленно организуют экспедицию для завоевания Земли? Подобные настроения, вероятно, подогреваются фантастическими боевиками, заполнившими экраны телевизоров. Но надо заметить, что опасения высказывают и некоторые ученые. Так надо ли отправлять послания внеземным цивилизациям?

В одной из Интернет-публикаций (<http://lifeboat.com/ex/shouting.at.the.cosmos>) позиция российских ученых по этому вопросу связывается с идеологическими мотивами. Автор ссылается на Т.Д. Лысенко, который якобы высказывался в том плане, что внеземные цивилизации должны быть альтруистическими. Мне ничего не из-



вестно о взглядах Лысенко по этому вопросу, насколько я знаю, он прославился другими трудами. Но верно то, что многие российские ученые не считают передачу сигналов ВЦ опасной. Эта точка зрения опирается на глубокие размышления и давнюю традицию, не имеющую, однако, ничего общего с политическими или идеологическими мотивами.

Можно вспомнить, например, выдающегося советского физика и радиоастронома С.Э. Хайкина. В докладе на Первой Всесоюзной конференции по внеземным цивилизациям (Бюракан, 1964) он развил очень интересную и весьма содержательную концепцию установления контакта с внеземными цивилизациями, основанную на взаимном поиске (Земля и Вселенная, 1995, № 3). Согласно этой концепции, менее развитая цивилизация, достигнув определенного уровня, посылает сигнал готовности, приняв который, более развитая цивилизация, уже создавшая соответствующую систему обнаружения, определив направление на источник сигнала и оценив расстояние до него, немедленно начинает передачу информации на частоте сигнала готовности. Хайкин особо подчеркнул, что, отказываясь от передачи сигнала готовности, цивилизация рискует поставить себя вне системы организованной Галактической связи. Сигнал готовности — это тот взнос, который цивилизация должна сделать

для вступления в Галактический клуб. В сообществе галактических цивилизаций, считает Хайкин, каждая цивилизация должна в соответствии с уровнем своего развития затрачивать определенные усилия. Не решив свою часть задач, цивилизация может оказаться вне сообщества.

Еще одним советским ученым, который решительно поддержал необходимость передачи сигналов, был Андрей Дмитриевич Сахаров. В 1971 г. в ответе на анкету SETI он писал: *“При этом я хотел бы отметить важность проектных работ посылке сигналов, доведенных до конкретного осуществления некоторых проектов — только так можно понять тонкие аспекты проблемы контакта. Здесь, как и в других делах, эгоисты в конце концов, оказываются в проигрыше”* (Земля и Вселенная, 1990, № 6, с. 65). Развивая подобные идеи, А.Л. Зайцев отметил, что если все цивилизации будут придерживаться запрета на передачу сигналов, то искать будет нечего и проблема SETI потеряет смысл. Отсюда следует, что SETI имеет смысл лишь в такой Вселенной, где осознается необходимость и есть потребность в передаче межзвездных посланий.

В последние годы оригинальные идеи развивает А.Д. Панов. Он обращает внимание на то, что наша цивилизация уже вступила или очень близка к состоянию информационного кризиса, о котором преду-

жеждал еще С. Лем в середине XX в. Цивилизация, достигшая состояния, близкого к информационному кризису, нуждается в доступе к новому научному источнику знания, отличающемуся от источников современного. Панов отмечает, что, если не удастся решить эту задачу (доступ к новому источнику знания) каким-то другим способом, таким источником могла бы стать информация, полученная от других цивилизаций. Это означает, что SETI-контакт может оказаться жизненно важным для постсингулярных цивилизаций. Развивая эти идеи, Панов приходит к гипотезе о наличии галактического информационного культурного поля (Земля и Вселенная, 2003, № 6, с. 88–93). Он высказал предположение, что культурное поле в Галактике возникает, когда каждая из посттехнологических цивилизаций ведет поиск и передачу информации другим цивилизациям. При этом ретранслируются передачи, полученные от других цивилизаций. В результате количество информации, циркулирующей в Галактике, лавинообразно нарастает, и Галактика превращается в единое культурное поле. Наиболее полно его идеи изложены в статье “Эволюция и проблема SETI” (<http://Infml.sai.msu.ru/SETI/koi/articles/EvolAndSETI.pdf>). Модель галактического культурного поля приводит к понятию экзобанка знаний. Изучение материалов экзобанка по своему



Участники проекта "Здравствуй, Галактика!". Сентябрь 2001 г. На заднем плане – радиотелескоп РТ-70 (Евпатория), с помощью которого было отправлено Первое детское радиопослание внеземным цивилизациям.

характеру напоминает процесс изучения Природы (концептуальная модель – проверка – новая модель). Процесс изучения (понимания) экзобанка Панов называет *экзонаукой*. К ней, по его мнению, и должно перейти лидерство в методах познания после информационного кризиса. Итак, преодоление информационного кризиса и создание нового источника (экзобанка знаний) связано с поисками и передачей информации другим цивилизациям. В настоящее время эта деятельность не играет существенной роли, но является тем фактором избыточного многообразия, которому, вероятно, суждено сыграть ключе-

вую роль в преодолении информационного кризиса и формировании галактического культурного поля, то есть в переходе на совершенно новый виток эволюции.

Близкие соображения высказывал А.Л. Зайцев в 1999 г. Он отметил специфику передачи информации вовне как бескорыстную и мессианскую деятельность, несущую предполагаемым братьям по разуму благую весть: "Вы не одни!", и подчеркнул, что осознание необходимости радиовещания для ВЦ есть признак перехода на качественно новый, более высокий уровень интеллектуального и технологического развития. Целенаправленная передача

информации внеземным цивилизациям, по А.Л. Зайцеву, *"может послужить оправданием нашего существования, став одной из гарантий будущего устойчивого развития, поскольку в числе причин угасания той или иной цивилизации называется и "потеря интереса"*. Немаловажно также, что разработка методологии радиовещания для ВЦ позволяет нам лучше разобратся в стратегии и тактике SETI".

Многие российские ученые считают, что передача сигналов необходима. Поэтому в меморандуме конференции SETI-2005 (Земля и Вселенная, 2006, № 2) содержится пункт о поддержке усилий в обла-



Участники эксперимента со знаменем проекта "Здравствуй, Галактика!".

сти METI. В меморандуме прямо сказано: "Поддержать проведение работ по программе METI как неотъемлемой части программы SETI".

Так опасно или не опасно передавать сигналы? В последнее время получило широкое распространение представление об агрессивности высокоразвитых внеземных цивилизаций. Страницы газет, журналов, научно-фантастических книг, кино и телевидение заполнены сюжетами о звездных войнах. Жестокие, кровавадные инопланетяне пытаются завоевать нашу планету. Эти представления свойственны не только попкультуре. В более умеренном виде их разделяет часть научной общественности, выражающая опасения по поводу радиопередач другим цивилизациям.

Эта проблема имеет две стороны: техническую и этическую. С технической точки зрения совершенно ясно, что высокоразвитые внеземные цивилизации могут нас обнару-

жить (и по всей вероятности давно обнаружили) по радиоизлучению планетных локаторов и телевизионных передатчиков. Телевизионный сигнал слабее направленного SETI-сигнала, но и он может быть зафиксирован с помощью нашей современной техники на расстоянии десятков световых лет. К тому же, поскольку телевизионный сигнал направлен во все стороны, его легче обнаружить. Высокоразвитая цивилизация может найти признаки жизни на Земле и по наблюдению линий кислорода в земной атмосфере. Ведь именно таким образом мы собираемся искать обитаемые планеты у других звезд. Несомненно, внеземная цивилизация, достигшая такого уровня, что для нее становится возможной агрессия в межзвездных масштабах, располагает средствами обнаружения интересующих ее менее развитых цивилизаций независимо от их SETI-активности. Попытка спрятаться от таких

цивилизаций, отказавшись от передачи сигналов, подобна позиции страуса, прячущего голову в песок. На мой взгляд, люди, нагнетающие страх по поводу возможной агрессии внеземных цивилизаций, осознанно или неосознанно выполняют "социальный заказ" на обособление нашей цивилизации от всего остального Космоса. Эта весьма порочная тенденция имеет глубокие исторические корни. Позиция российских ученых, поддерживающих работы в области METI, не легкомыслие, она основана на реальной оценке ситуации.

Более важным, на мой взгляд, не столько в практическом, сколько в общепознавательном плане, является вопрос об этике высокоразвитых цивилизаций. Исторический опыт учит, что до сих пор на Земле (во всяком случае, в последние тысячелетия) развитие шло таким образом, что более сильные стремились подчинить себе (и подчиняли) более слабых. Система социально-культурных сдержек (техногуманитарный баланс, по А.П. Назаретяну) препятствовала полному уничтожению враждующих сторон. Но сейчас человечество впервые подошло к такому моменту, достигло такого уровня, когда дальнейшее наращи-

вание агрессивности и средств уничтожения противника неизбежно приведет к самоуничтожению земной цивилизации, а возможно, и к гибели всей земной биосферы. Поэтому историческая коррекция должна привести к изменению сознания: человечество перейдет от вражды к сотрудничеству. Если оно не сумеет сделать этот шаг, то погибнет в огне самоуничтожения или в результате полного разрушения окружающей среды. Кажется, люди начинают осознать это, и идеи сотрудничества, несмотря на яростное сопротивление противоборствующих им сил, все более укрепляются среди людей. Можно думать, что то же самое относится и к тем внеземным цивилизациям, в развитии которых присутствовал элемент агрессии. Или в них победит дух сотрудничества, или они закончат самоуничтожением. Поэтому прошедшие через горнило кризисов *высокоразвитые* цивилизации должны обладать высокой этикой и высокой культурой. Как говорится, высокое знание не дается в недобрые руки. Поэтому, безусловно, прав был К.Э. Циолковский, когда писал, что Все-



ленная заполнена высшей сознательной, совершенной жизнью, в ней господствуют Высший Разум и совершенные общественные отношения.

Возвращаясь к идее Хайкина о сигнале готовности, отметим, что эта идея, возникшая в связи с разработкой стратегии радиопоиска, имеет более широкое философское

звучание. Контакт между цивилизациями предполагает желание и усилия, предпринимаемые с обеих сторон. В этом смысле "сигнал готовности" можно трактовать как внутреннюю психологическую и нравственную готовность человечества к контакту.

Рисунки Елены Власовой

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: январь–февраль 2008 г.

Таблица I

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
ЯНВАРЬ		
1	19	Комета Туттля (8P) на наименьшем расстоянии от Земли (0.25 а.е.)
3	0	Земля в перигелии
3	8.1	Луна в апогее
4	7	Максимум активности метеорного потока Квадрантиды
5	3.3	Луна проходит в 7° южнее Венеры
8	11.6	Новолуние
8	–	Максимум блеска долгопериодической переменной звезды Т Цефея
11	1.5	Луна проходит в 0.4° южнее Нептуна
12	–	Максимум блеска долгопериодической переменной звезды о Кита
12	23.2	Луна проходит в 2° севернее Урана
15	19.8	Луна в фазе первой четверти
18	6	Покрытие звездного скопления Плеяды Луной
19	8.5	Луна в перигее
20	0	Покрытие Марса Луной, видимое на северо-востоке России
22	5.0	Меркурий в наибольшей восточной элонгации 19°
22	13.6	Полнолуние
25	4.2	Луна проходит в 3° южнее Сатурна
26	21.5	Комета Туттля (8P) в перигелии
28	7.2	Меркурий переходит от прямого движения к попятному
30	5.0	Луна в фазе последней четверти
30	21.2	Марс переходит от попятного движения к прямому
31	4.4	Луна в апогее
ФЕВРАЛЬ		
1	11.5	Земля в перигелии
1	20	Луна в апогее
2	10.4	Комета Виртанена (46P) в перигелии
4	6.4	Максимум активности метеорного потока Квадрантиды
4	12.5	Луна проходит в 7° южнее Венеры
6	18.3	Новолуние
7	3.7	Максимум блеска долгопериодической переменной звезды Т Цефея
7	3.9	Луна проходит в 0.4° южнее Нептуна
9	7.8	Максимум блеска долгопериодической переменной звезды о Кита
11	2.1	Луна проходит в 2° севернее Урана
14	0.9	Луна в фазе первой четверти
14	3.6	Покрытие звездного скопления Плеяды Луной
16	7.8	Луна в перигее
16	8.0	Луна проходит в 2° севернее Марса

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
21	3.4	Полное лунное затмение
21	3.5	Полнолуние
21	9.9	Луна проходит в 3° южнее Сатурна
24	9.8	Сатурн в противостоянии с Солнцем
29	2.3	Луна в фазе последней четверти

Примечание. Во всех таблицах и тексте дано Всемирное время (UT), кроме особо оговоренных случаев.

Таблица II

ЭФЕМЕРИДЫ СОЛНЦА

Дата		α		δ		45°		55°		65°	
		ч	м	°	'	восход	заход	восход	заход	восход	заход
Январь	1	18	43.2	-23	04	07 38	16 28	08 24	15 41	10 08	13 58
	11	19	27.1	-21	56	07 36	16 38	08 19	15 55	09 50	14 25
	21	20	10.0	-20	05	07 31	16 51	08 09	16 13	09 23	14 59
	31	20	51.7	-17	37	07 21	17 05	07 53	16 33	08 52	15 34
Февраль	10	21	32.1	-14	37	07 09	17 19	07 34	16 54	08 19	16 09
	20	22	11.1	-11	13	06 54	17 33	07 12	17 15	07 44	16 44
Март	1	22	49.1	-07	31	06 37	17 47	06 49	17 35	07 08	17 16

Примечание. В таблице указано среднее солнечное время.

Пример. Определить Всемирное и декретное время восхода Солнца 21 февраля 2008 г. в Москве (широта 55°45', долгота 2°30', 2-й часовой пояс).

Пользуясь таблицей "Эфемериды Солнца", интерполируем по широте и дате значение момента восхода Солнца на 21 февраля. Из полученной величины (7^ч12^м) вычитаем долготу места: Всемирное время восхода Солнца – 4^ч42^м. Прибавим к нему номер часового пояса и один час для учета декретного времени, получим 7^ч42^м.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата		α		δ		m	d	f	Продолжительность видимости для разных широт			Период
		ч	м	°	'				45°	55°	65°	
Меркурий												
Январь	1	19	20.4	−24	19	−0.9	4.6	0.97	–	–	–	
	11	20	29.3	−20	58	−0.8	5.5	0.88	–	–	–	
	21	21	25.8	−15	38	−0.6	6.7	0.61	1.0	0.9	–	Вечер
	31	21	40.1	−11	36	1.4	9.0	0.15	–	–	–	
Февраль	10	20	59.7	−13	15	3.4	10.3	0.04	–	–	–	
	20	20	40.9	−16	10	0.8	8.9	0.31	–	–	–	
Март	1	21	04.9	−16	38	0.2	7.4	0.53	–	–	–	

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	α		δ		m	d	f	Продолжительность видимости для разных широт			Период	
	ч	м	°	'				45°	55°	65°		
Венера												
Январь	1	15	59.3	−18	28	−4.0	14.5	0.76	3.3	3.5	3.6	Утро
	11	16	50.0	−20	45	−3.9	13.7	0.79	2.8	2.8	2.4	Утро
	21	17	42.3	−22	06	−3.9	13.1	0.82	2.4	2.2	0.8	Утро
	31	18	35.5	−22	24	−3.8	12.5	0.84	1.9	1.6	−	Утро
Февраль	10	19	28.6	−21	35	−3.8	12.1	0.87	1.5	1.0	−	Утро
	20	20	20.8	−19	43	−3.8	11.6	0.89	1.1	−	−	Утро
Март	1	21	11.5	−16	53	−3.8	11.3	0.90	0.8	−	−	Утро
Марс												
Январь	1	05	59.5	+26	56	−1.5	15.4	1.00	14.5	15.9	18.7	Ночь
	11	05	45.2	+26	58	−1.2	14.5	0.98	13.8	15.3	18.0	Ночь
	21	05	36.4	+26	51	−0.9	13.4	0.97	12.8	14.4	17.0	Ночь
	31	05	33.5	+26	41	−0.6	12.1	0.95	11.8	13.4	15.9	Ночь
Февраль	10	05	36.3	+26	32	−0.4	11.0	0.93	10.9	12.4	14.8	Ночь
	20	05	43.9	+26	24	−0.1	10.0	0.92	10.1	11.4	13.6	Ночь
Март	1	05	55.4	+26	16	0.2	9.1	0.91	9.4	10.5	12.5	Ночь
Юпитер												
Январь	1	18	13.1	−23	14	−1.8	31.6	1.00	−	−	−	
	11	18	23.0	−23	11	−1.8	31.8	1.00	−	−	−	
	21	18	32.8	−23	05	−1.9	32.1	1.00	1.0	−	−	Утро
	31	18	42.2	−22	58	−1.9	32.5	1.00	1.4	0.8	−	Утро
Февраль	10	18	51.2	−22	48	−1.9	33.0	1.00	1.8	1.2	−	Утро
	20	18	59.7	−22	38	−2.0	33.6	1.00	2.1	1.5	−	Утро
Март	1	19	07.7	−22	27	−2.0	34.4	0.99	2.5	1.7	−	Утро
Сатурн												
Январь	1	10	42.8	+09	58	0.6	19.0	1.00	10.0	10.9	12.5	Ночь
	11	10	41.7	+10	08	0.5	19.3	1.00	10.6	11.5	13.0	Ночь
	21	10	39.9	+10	20	0.5	19.5	1.00	11.2	12.0	13.3	Ночь
	31	10	37.7	+10	36	0.4	19.7	1.00	11.8	12.5	13.6	Ночь
Февраль	10	10	35.0	+10	53	0.3	19.9	1.00	12.2	12.8	13.6	Ночь
	20	10	32.0	+11	12	0.2	19.9	1.00	12.2	12.6	13.1	Ночь
Март	1	10	29.0	+11	30	0.2	19.9	1.00	12.0	12.2	12.5	Ночь

Примечание. Координаты даны на момент 0^ч по Всемирному времени.

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

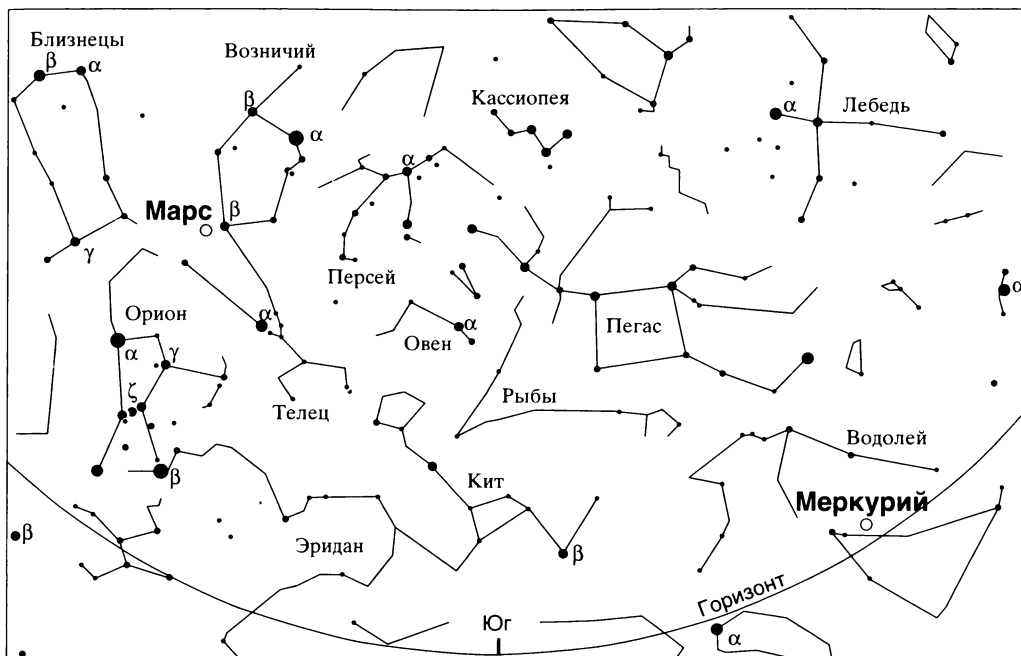
Меркурий во второй половине января ранним вечером появляется на юго-западе в созвездии Козерога.

Венеру можно наблюдать в утренние часы на юго-востоке.

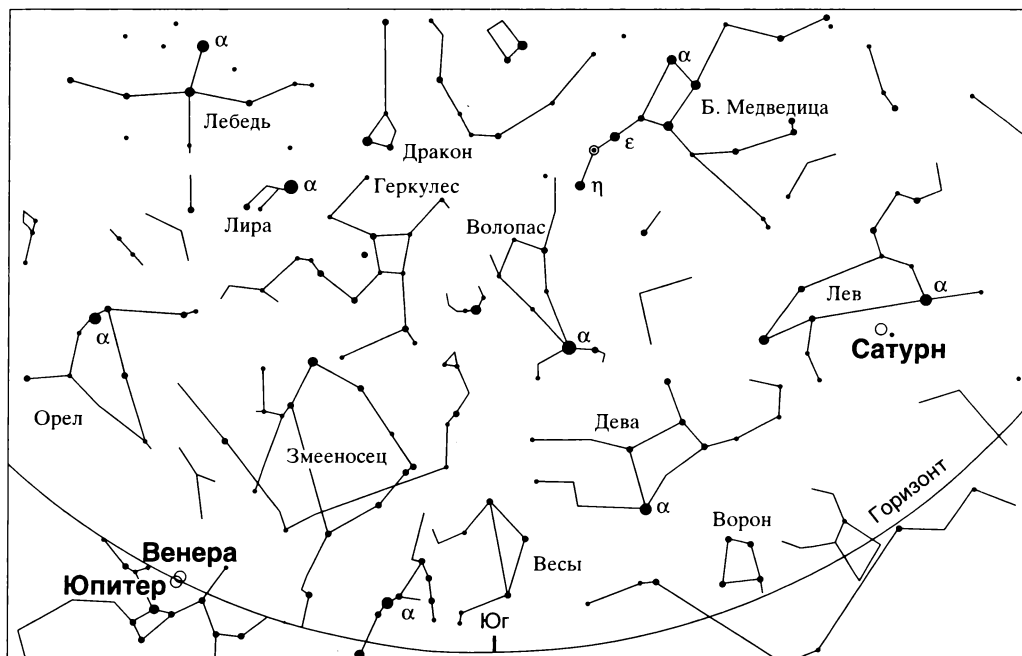
Марс прекрасно виден всю ночь высоко над горизонтом в созвездии Тельца.

Юпитер появляется на фоне утренней зари на юго-востоке в созвездии Стрельца.

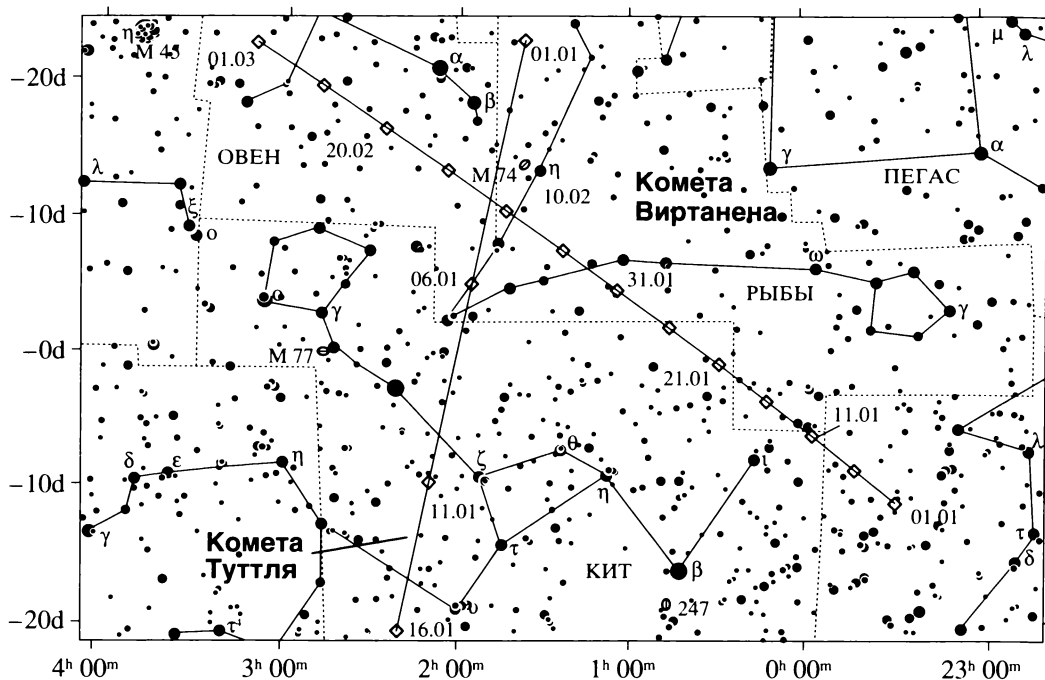
Сатурн очень хорошо виден большую часть ночи в созвездии Льва.



Вид звездного неба в Москве 21 января в 18^ч по московскому времени. Отмечено положение Меркурия и Марса.



Вид звездного неба в Москве 1 февраля в 7^ч по московскому времени. Отмечено положение Венеры, Юпитера и Сатурна.



Видимые пути комет Туттля и Виртанена среди звезд.

ДВЕ КОМЕТЫ

В первые месяцы 2008 г. к Солнцу приближаются две известные короткопериодические кометы. Особый интерес представляет **комета Туттля** (8P). Расстояние этой кометы от Солнца в перигелии составляет 1.03 а.е. Условия видимости кометы во время возвращения к Солнцу сильно зависят от того, насколько близко Земля оказывается к комете (перигелий орбиты). Этим объясняется невидимость кометы в течение четырех возвращений к Солнцу после ее открытия в 1790 г. П.-Ф.-А. Мешеном (Франция). Лишь в 1858 г., когда условия видимости кометы вновь стали благоприятными, она была переоткрыта

Х.П. Туттлем. Оба раза комета наблюдалась в январе – именно в это время Земля проходит недалеко от точки перигелия орбиты кометы.

Очень хорошие условия видимости кометы сложатся в январе 2008 г. В Новый год комета подойдет к Земле на минимальное расстояние – 0.25 а.е. Комета будет быстро двигаться в южном направлении вдоль восточной границы созвездия Рыб, ее можно наблюдать вечером и в первой половине ночи. Луна к этому времени уже зайдет за горизонт. Ожидаемый блеск кометы Туттля превысит 6^m, поэтому она доступна наблюдениям в небольшой телескоп и даже бинокль. Жители северных широт смогут любоваться

Таблица IV

ЭФЕМЕРИДЫ КОМЕТЫ ТУТТЛЯ (8P)

Дата	α		δ		Расстояние		Элонгация	Блеск
					от Земли	от Солнца		
	ч	м	°	'	а.е.	а.е.	°	м
Январь 1	01	37.2	+25	56	0.25	1.10	111	5.8
6	01	54.1	+05	48	0.26	1.08	104	5.7
11	02	08.3	−10	46	0.30	1.06	95	5.9
16	02	20.5	−22	42	0.36	1.04	89	6.1
21	02	31.1	−31	03	0.42	1.03	84	6.4

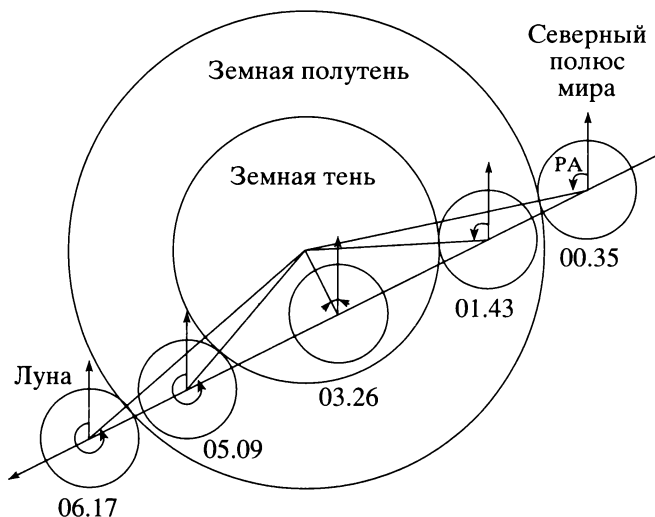
ЭФЕМЕРИДЫ КОМЕТЫ ВИРТАНЕНА (46P)

Дата	α		δ		Расстояние		Элонгация	Блеск	
					от Земли	от Солнца			
	ч	м	°	'	а.е.	а.е.			°
Январь	1	23	33.1	−11	59	1.02	1.14	69	9.9
	6	23	46.6	−09	27	1.01	1.12	68	9.8
	11	00	00.8	−06	47	0.99	1.10	68	9.6
	16	00	15.7	−03	57	0.98	1.08	67	9.5
	21	00	31.4	−00	59	0.96	1.07	67	9.4
	26	00	47.8	+02	07	0.95	1.06	67	9.3
	31	01	05.1	+05	19	0.94	1.06	67	9.2
Февраль	5	01	23.3	+08	36	0.93	1.06	67	9.2
	10	01	42.5	+11	55	0.92	1.06	68	9.2
	15	02	02.8	+15	13	0.92	1.07	68	9.3
	20	02	24.1	+18	26	0.92	1.08	69	9.3
	25	02	46.6	+21	32	0.92	1.10	70	9.4
Март	1	03	10.2	+24	25	0.93	1.12	71	9.6

кометой только до середины января, затем, миновав созвездие Кита, она опустится в Южное небесное полушарие.

На вечернем небе в январе и феврале можно увидеть также **комету Виртанена (46P)**. В перигелии ее расстояние от Солнца 1.06 а.е., но расстояние между ней и Землей близко 1 а.е. (существенно больше, чем у кометы Туттля). Блеск кометы Виртанена примерно 9^m, но и этого вполне достаточно для

наблюдений в любительские телескопы. Данное возвращение кометы Виртанена к Солнцу – последнее перед посадкой в ноябре 2014 г. на ее ядро АМС “Розетта” (ESA; Земля и Вселенная, 2004, № 4), которая должна доставить образцы кометного вещества на Землю. Комета, перемещающаяся вдоль эклиптики по созвездиям Рыб, Кита и Овна, видна по вечерам в январе–феврале.



Видимый путь Луны сквозь земную тень и полутень во время затмения 21 февраля 2008 г.

ОБСТОЯТЕЛЬСТВА ПОЛНОГО ЛУННОГО ЗАТМЕНИЯ 21 ФЕВРАЛЯ 2008 г.

Явление	Время		РА
	ч	м	°
Вступление Луны в полутень	00	35	102
Начало частного теневого затмения	01	43	93
Начало полного теневого затмения	03	00	236
Момент наибольшей фазы	03	26	27
Окончание полного теневого затмения	03	51	177
Окончание частного теневого затмения	05	09	320
Выход Луны из полутени	06	17	311

Примечание. В таблице приведены основные моменты затмения по Всемирному времени и значения позиционных углов (РА) с вершиной в центре диска Луны, образованных между направлениями на Северный полюс мира и на центр тени. Этот угол отсчитывается против часовой стрелки. Во время затмения видимый радиус Луны – 15.6', а тени и полутени Земли – 41.9' и 74.9'. Величина наибольшей фазы затмения – 1.11.

ПОЛНОЕ ЛУННОЕ ЗАТМЕНИЕ 21 ФЕВРАЛЯ 2008 Г.

В преддверие часы 21 февраля 2008 г. жители европейской части России смогут стать свидетелями **полного лунного затмения**, последнего перед почти трехлетним перерывом. Во время затмения Луна расположится невысоко над западным горизонтом, а во время заключительных фаз уже станет светать. Условия видимости затмения тем лучше, чем западнее будет находиться наблюдатель и чем позже взойдет Солнце и зайдет Луна. Все фазы теневого затмения видны с начала до конца только на западе Ленинградской области, в Мурманской, Псковской и Калининградской областях,

Республике Карелия. В область видимости полной фазы затмения попадет вся европейская часть, на Урале в это время Луна зайдет за горизонт. В Западной Сибири можно увидеть только начальные частные фазы затмения на заходе Луны. Заключительные фазы можно наблюдать на Чукотском полуострове, где уже наступит вечер 21 февраля и Луна появится над горизонтом.

Во время затмения Луна будет в созвездии Льва, близко к ней расположатся Регул и Сатурн. Луна пройдет по южной зоне земной тени.

О.С. УГОЛЬНИКОВ,

кандидат физико-математических наук

Информация

Новый гигантский телескоп

Один из самых больших в мире наземных оптических телескопов, GCT (Great Canarian Telescope – Большой Канарский Телескоп), был торжественно открыт 14 июля 2007 г.

в Обсерватории Лас Пальмас (Observatorio del Roque de los Muchachos; Канарские острова, Испания; см. стр. 3 обложки). На церемонии открытия присутствовали принц Астурии Филипп, руководство Института астрофизики Канарских островов. Телескоп начнет работать в 2008 г. К этому времени смонтируют главное зеркало и настроят все приборы. Главное зеркало (система Ньютона – Кассегрена) диаметром 10.4 м по окончании работ будет состоять из 36 шестиугольных сегментов, 12 из которых уже

установлены. Обсерватория находится на высоте 2400 м над уровнем моря на острове Ла Пальма. Телескоп создавали в течение 7 лет, и он обошелся в 130 млн. евро (175 млн. долларов). В числе научных задач телескопа GCT – наблюдение за наиболее удаленными объектами Вселенной с высоким разрешением, изучение черных дыр и звездообразования, поиск экзопланет.

Пресс-релиз Обсерватории
Лас Пальмас (Испания),
19 июля 2007 г.

Мои наблюдения покрытий

2007 г. смело можно назвать годом покрытий. Шесть покрытий Луной Сатурна, пять – Регула, по одному покрытию Венеры и Марса, а также почти ежемесячные покрытия Луной Плеяд. Большинство из этих явлений хорошо были видны в Москве. Для меня астрономические покрытия – одно из самых любимых, правда, до этого года я наблюдал лишь покрытие Альдебарана Луной в 1999 г. И вот по прошествии восьми лет пополнился мой багаж наблюдений. Наиболее интересными были покрытия Сатурна 22 мая и Венеры 18 июня.

Вечер 22 мая был облачным, и я уже начал думать, что покрытие не будет видно. Однако ближе к началу явления

облака стали редеть, и сквозь просветы в них то и дело мелькали Луна и Сатурн. Первая медленно “подползала” к планете, которая еле проглядывала среди облаков, пока совсем не приблизилась к Сатурну. Данное явление я наблюдал невооруженным глазом. Тем не менее, я заметил, как на краю Луны (а покрытие было темным краем) блеснула слабенькая звездочка. Мне даже удалось получить снимок этого явления, хотя и нечеткий. Открытие посмотреть не смог: плотные облака закрыли небо.

Отмечу, что на следующий день произошло покрытие Регула Луной. К сожалению, это явление я не увидел, зато получил снимок Луны вблизи Регула.



Покрытие Луной Сатурна (показано стрелкой) 22 мая 2007 г. Снимок сделан в 22°45'. Фото Ю.В. Соломонова.

Более благоприятные условия были при дневном покрытии Луной Венеры, которое произошло 18 июня. Несмотря на слабые облака, Луна и Венера были хорошо видны на дневном небе. Благодаря этому явлению многие любители астрономии впервые увидели днем Венеру невооруженным глазом. К слову, мне везло больше: раньше я видел Венеру на дневном небе. Первые снимки Луны и Венеры я получил в 18^ч30^м. За полчаса до начала явления я навел свой ТАЛ-120 на Луну и начал наблюдать постепенное сближение небесных тел, при этом не забывая щелкать затвором фотоаппарата. Снимки получились, несмотря на бледность неба и плывущие облака, которые перио-

дически заслоняли Луну и Венеру. И вот произошло покрытие (темным краем). Началось томительное ожидание, хотя покрытие длится всего несколько минут. Открытие произошло неожиданно: я наводил фотоаппарат на Луну, случайно отвел глаза от экрана и, взглянув на Луну, заметил, как над северной частью вспыхнула яркая звезда – Венера. Такого красивого зрелища я не видел уже давно. После вспышки планета начала отдаляться от нашего естественного спутника, оставляя воспоминания об одном из красивейших явлений.

*Ю.В. СОЛОМОНОВ
Москва*

Информация

“Феникс” – новый старт к Марсу

4 августа 2007 г. в 5 ч 26 мин 34 с по Гринвичу с космодрома на мысе Канаверал с помощью РН “Delta-II” запущена АМС “Феникс” (“Phoenix”, США; см. стр. 2 обложки). В течение примерно 10-месячного круиза к Марсу и во время спуска в атмосфере планеты станция будет находиться внутри перелетной ступени, которая защитит ее от воздействия микрометеоритов, межпланетной пыли и нагрева до тысяч градусов. При спуске с помощью тормозного

щита скорость снизится с 36 тыс. км/ч до 216 км/ч, потом вводится парашютная система. На заключительном участке спуска двигателя мягкой посадки замедлят аппарат до 8.8 км/ч. Посадка спускаемого аппарата на поверхность Марса в районе Северного полюса, где, как предполагается, есть вода и лед (Земля и Вселенная, 2003, №№ 3, 6; 2004, № 4), намечена на май 2008 г. После посадки необходимо будет подождать 30 мин, чтобы осела пыль, поднятая двигателями. Затем подготовятся к работе две круглые панели солнечных батарей, манипулятор длиной 2.35 м с буровым устройством, мачты метеостанции и камеры фотосистемы. Спускаемый аппарат приспособлен к

функционированию в суровых условиях, так как температура может опуститься ниже –50°C и бывают сильные пылевые бури. Планируется, что аппарат будет исследовать Марс до сентября 2008 г.

На спускаемом аппарате АМС “Феникс” (высота 1.5 м и ширина 5.5 м) установлено шесть приборов. Их назначение – сбор образцов марсианского грунта с глубины до 0.5 м и анализ их физико-химического и микробиологического состава. Научная программа разработана Аризонским университетом во главе с доктором Питером Смитом.

Пресс-релиз NASA,
4 августа 2007 г.

Погружение на дно у Северного полюса

Через 70 лет после посадки в 1937 г. в центре Арктики четырех самолетов экспедиции О.Ю. Шмидта, доставивших зимовщиков дрейфующей станции под руководством И.Д. Папанина, всеобщее внимание было снова приковано к Северному полюсу.

24 июля 2007 г. из Мурманска в направлении Северного полюса вышло в 6-й арктический рейс научно-экспедиционное судно “Академик Федоров” (в последние годы оно чаще посещало Антарктику). На борту – необычная экспедиция, возглавляемая почетным полярником, вице-спикером Госдумы РФ А.Н. Чилингаровым. Ее цель – первое в истории полярных исследований погружение в точке Северного полюса российских глубоководных пилотируемых аппаратов “Мир”, сконструированных в Институте океанологии имени П.П. Ширшова РАН. Образцы грунта, взятые со дна, на глубине более 4 тыс. м, помогут уточнить границы арктического шельфа России. Если подводные хребты Ломоносова и Гаккеля, которые тянутся из полярной области к Гренландии, окажутся геологическим

продолжением российского континентального шельфа, то Россия будет иметь право на разработку обширных месторождений нефти и газа вдоль всего северного побережья.

Сбор данных для обоснования принадлежности арктического шельфа России был начат еще лет пять назад. К 2009 г. они должны быть представлены на рассмотрение Комиссии ООН по границам континентального шельфа.

Путь экспедиции “Арктика-2007” из Мурманска к точке географического Северного полюса занял девять дней. 30 июля примерно в 75 км от берегов Земли Франца-Иосифа произвели пробный спуск аппаратов на глубину 1500 м. Тогда же вертолетом забросили на о. Хейса группу орнитологов.

Севернее архипелага простиралась полоса мощных льдов, выносимых сильным течением к берегам Гренландии. Это течение когда-то вынудило Фритьофа Нансена прервать свой поход к полюсу, оно же не позволило папанинцам завершить цикл годичных наблюдений на дрейфующей станции. На полюсе ледяное поле оказалось разбито широкими трещинами на множество полыней. В одну из них и опустил рано утром 2 августа 2007 г. глубоководный аппарат “Мир-1”, пилотируемый доктором технических наук А.А. Сагалевиным. Первую группу погружения возглавил А.Н. Чилингаров. Когда аппарат достиг глубины

300 м, следом за ним пошел “Мир-2”, пилотируемый Е. Черняевым. Этот спуск на дно можно назвать международным, потому что в нем участвовал шведский путешественник Фредерик Паульсон, побывавший на всех земных полюсах. Через 8 ч на поверхности показался первый спускаемый аппарат, через час – второй.

Погружение прошло удачно. С помощью роботоманипулятора были собраны образцы илистого грунта. На дне, на расстоянии 4261 м от поверхности океана, установлен российский флаг, изготовленный из титанового сплава. Никаких следов глубоководной жизни не обнаружено.

Уникальные глубоководные автономные аппараты “Мир” имеют уже большой опыт работы в океанах Земли. Они опускались в глубины Атлантического и Тихого океанов, озера Байкал, участвовали в поисках на дне Атлантики следов легендарной Атлантиды (Земля и Вселенная, 2001, № 1; 2006, № 4). Широко известными в мире они стали после уникальных съемок затонувшего в 1912 г. “Титаника”. Но до сего времени максимальная глубина погружения “Миров” составляла 2 тыс. м, теперь она превышена более чем вдвое. Впервые в истории человек достиг дна Северного Ледовитого океана в точке Северного полюса.

*В.А. МАРКИН,
кандидат географических наук*

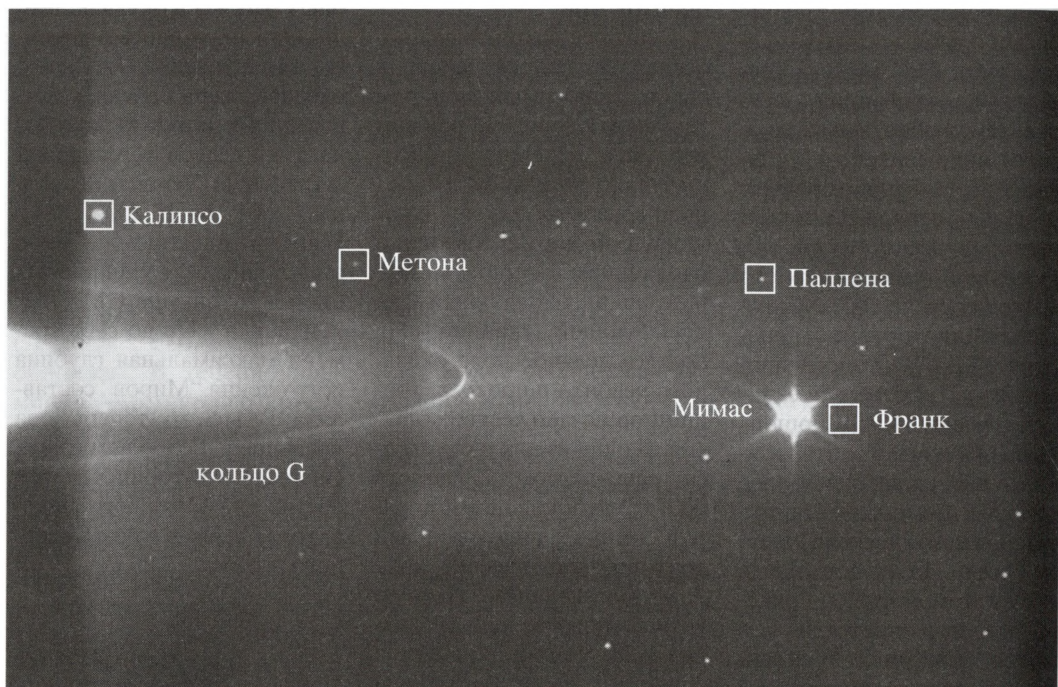
“Кассини”: открыт 60-й спутник Сатурна

17 июля 2007 г. NASA объявило об открытии у Сатурна 60-го спутника, S/2007 S4, диаметром около 2 км, получившего рабочее название Франк. Он обнаружен на снимке, сделанном 30 мая 2007 г. с расстояния 1.76 млн. км с помощью широкоугольной камеры АМС “Кассини”. Возможно, в этой области находится еще и группа мелких спутников.

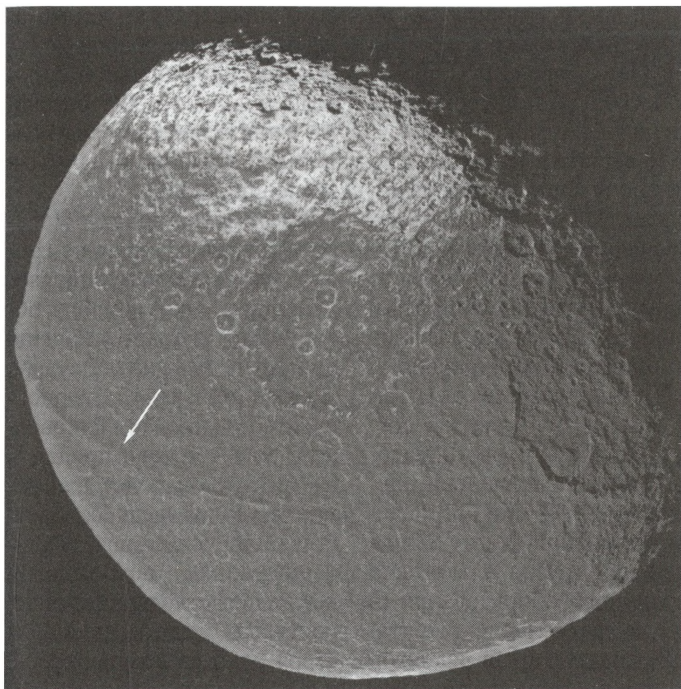
Франк – самый маленький из спутников Сатурна, большинство которых имеют поперечник 5-7 км, до сих пор наименьшей считалась трехкилометровая Метона. “Кассини” сможет лучше изучить Франк в декабре 2009 г., когда приблизится к нему на расстояние 11 700 км. АМС “Кассини” стартовала в ноябре 1997 г. к Сатурну, тогда у этой планеты было

известно всего 18 спутников.

Интересно еще одно открытие “Кассини” – странный гигантский хребет на Япете, тянущийся строго по экватору. По мнению исследовательской группы NASA под руководством Джули Кастильо (Лаборатория реактивного движения в г. Пасадена, штат Калифорния), хребет возник, когда ско-



60-й спутник Сатурна, S/2007 S4 (Франк), диаметром 2 км. Франк находится рядом с Мимасом и крошечными Метонией и Палленой, обнаруженными в 2004 г. Снимок сделан 30 мая 2007 г. АМС “Кассини” с расстояния 1.76 млн. км (разрешение 105 км). NASA.



Япет – спутник Сатурна. Обратите внимание на хребет (отмечен стрелкой), протянувшийся вдоль экватора. Снимок сделан 14 октября 2006 г. АМС "Кассини" с расстояния 14 тыс. км (разрешение 5 км). NASA.

вращения спутника привело к уменьшению его сжатия. Замерзшая оболочка Япета при этом могла треснуть по экватору, и вещество вытеснилось наружу, образовав экваториальный хребет. В результате вращение Япета замедлили приливные гравитационные взаимодействия. Для этого необходимо, чтобы недра планеты находились в жидком состоянии. Такое возможно в том случае, если разогрев небесного тела идет за счет радиоактивного распада алюминия-26 (период полураспада 720 тыс. лет) и железа-60 (1.5 млн. лет). Следы этих элементов обнаружены на поверхности Япета.

АМС "Кассини" уже трижды совершала пролеты на близком расстоянии от Япета, 10 сентября 2007 г. она пролетела на удалении около 1 тыс. км.

рость вращения спутника скачкообразно снизилась. Считается, что ранее Япет совершал один оборот за 5–

16 ч, а после замедления продолжительность суток составила нынешние 80 сут. Резкое изменение скорости

Пресс-релизы NASA,
17 и 20 июля 2007 г.

Гейзеры на Хароне

Астрономам с помощью спектрометра сверхвысокого разрешения ALTAIR на базе адаптивной оптики телескопа и камеры ближнего ИК-диапазона NIRI наземной Обсерватории Gemini в Мауна Кеа (Гавайи) удалось обнаружить гейзеры на спутнике Плутона Хароне. О су-

ществовании гейзеров может свидетельствовать характер распределения кристаллов льда и нашатырного спирта на поверхности Харона. По мнению ученых, наиболее вероятным объяснением таких характерных особенностей считается выброс из недр жидкой воды с растворенным в ней аммиаком, попадающей затем на очень холод-

ную поверхность Харона. Гейзеры функционируют от нескольких часов до нескольких дней, и выбрасываемое ими вещество покрывает примерно за 100 тыс. лет всю его поверхность слоем льда толщиной 1 мм.

Пресс-релиз Обсерватории
Gemini, 18 июля 2007 г.

20-й полет “Индевор”

8 августа 2007 г. в 22 ч 36 мин по Гринвичу с космодрома Канаверал стартовал космический корабль много-разового использования “Индевор” (“Endeavour”, STS-118). Это первый после четырех-летнего перерыва и 20-й полет в космос данного корабля, 22-й полет КК “Спейс Шаттл” на МКС, 119-й полет кораблей данного типа и 150-й пилотируемый полет США. В экипаже семь астронавтов: командир **Скотт Келли** (Scott Kelly), пилот **Чарльз Хоббоф** (Charles Hobaugh), специалисты полета – **Ричард Мастраккио** (Richard Mastracchio), **Трейси Колдвелл** (Tracy Caldwell), **Бенджамен Дрю** (Benjamin Drew), **Барбара Морган** (Barbara Morgan) и **Дэвид Уильямс** (Dafydd Williams) из Канадского космического агентства. С. Келли, Ч. Хоббоф, Р. Мастраккио и Д. Уильямс уже совершили по одному полету, остальные – новички в космосе. Американская учительница Б. Морган была дублером другой учительницы, Кристи МакОлифф, которая погибла 28 января 1986 г. при катастрофе КК “Челленджер”. После этой трагедии Б. Морган вернулась к преподаванию, но

позже вновь записалась на курсы подготовки астронавтов. Она с борта МКС провела несколько телеуроков для американских школьников.

13 августа в 18 ч 02 мин по Гринвичу корабль пристыковался к МКС. “Индевор” доставил на Международную космическую станцию новую ферму S5 и научное оборудование. За время пребывания на орбите Р. Мастраккио и Д. Уильямс совершили четыре выхода в открытый космос. Во время первого выхода **11 августа** продолжительностью 6 ч 17 мин астронавты установили ферму S5 для хранения грузов и монтажа различного оборудования (в том числе солнечных батарей), сняли старый радиатор системы терморегулирования. **13 августа** состоялся второй выход (6 ч 28 мин), астронавты заменили один из четырех гироскопов, предназначенных для поддержания ориентации МКС, а также фотографировали трещину в теплоизоляционной обшивке корабля, возникшую во время старта. Третий выход, **15 августа** (5 ч 27 мин), посвящен установке коммуникационных систем на поверхности станции. Р. Мастраккио из-за порванной перчатки скафандра был вынужден досрочно завершить этот выход в космос. В ходе четвертого выхода, **18 августа**, за 5 ч 02 мин астронавты установили оборудование манипулятора, с помощью кото-

рого проверяется термозащитный слой корабля, и систему для улучшения беспроводной передачи видеосигнала, а также забрали два контейнера с данными научных экспериментов.

Двадцатый полет “Индевор” оказался очень не спокойным. Сначала в теплоизоляционном слое корабля обнаружили трещину, появившуюся в результате удара монтажной пены, отколовшейся при взлете. Руководство NASA хотело продлить на трое суток полет для ремонта, но проведя соответствующие испытания, квалифицировало повреждение как не представляющее опасности. Кроме того, вышел из строя один из компьютеров, и его функции пришлось передать резервному оборудованию. А в конце полета руководитель Космического центра NASA в Хьюстоне (штат Техас) решили сократить полет на сутки из-за урагана Дин, бушевавшего вблизи американского побережья.

19 августа “Индевор” отстыковался от МКС и благополучно приземлился **21 августа** в 16 ч 32 мин по Гринвичу в Космическом центре им. Кеннеди во Флориде. Длительность полета корабля – 12 сут 17 ч 55 мин 40 с.

Пресс-релизы NASA,
август 2007 г.

УКАЗАТЕЛЬ ЗАМЕТОК О НОВЫХ КНИГАХ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В “ЗЕМЛЕ И ВСЕЛЕННОЙ” В 1970–1985 гг.

1970 г.	№№	№№
Практическое руководство по астрономии (М. Миннарт. “Практические работы по элементарной астрономии”)	1, с. 64	Как взвешивают небесные тела (Ф.С. Завельский. “Взвешивание миров, атомов и элементарных частиц”) 6, с. 59
Книга о небесных телах и их наблюдении (Н.П. Барабашов. “Природа небесных тел”)	1, с. 64	1972 г.
“Звездный атлас” А.А. Михайлова	2, с. 59	Книга о С.П. Королёве (А.П. Романов. “Конструктор космических кораблей”) 1, с. 73
“Физико-технические основы космических исследований” (М.Г. Крошкин)	3, с. 95	LXXV выпуск “Астрономического календаря” 1, с. 73
Книга о внутреннем строении и эволюции звезд (С.А. Каплан. “Физика звезд”)	4, с. 79	Пособие для изучающих звездную астрономию (“Практические работы по звездной астрономии”. Сборник статей) 1, с. 73
1971 г.		Сборник практических работ по астрономии (М. Миннарт. “Практическая астрономия”) 2, с. 77
Кратко об астрофизике и космологии (Л.Э. Гуревич, А.Д. Чернин. “Общая теория относительности в физической картине мира (гравитация, космология, космогония”)	1, с. 63	Руководителям кружков юных астрономов и космонавтов (сборник программ) 3, с. 77
Решенные и нерешенные проблемы физики планет (Д.Я. Мартынов. “Планеты”)	1, с. 73	Книга о Кеплере (Ю.А. Белый. “Иоганн Кеплер”) 3, с. 78
Сборник научно-популярных статей (В.Л. Гинзбург. “Современная астрономия”)	1, с. 73	Физика планет земной группы (У. Каул. “Введение в физику планет земной группы”) 3, с. 78
Введение в радиогеологию (Г.В. Войткевич. “Радиоактивность в истории Земли”)	3, с. 93	“Англо-русский астрономический словарь” (коллектив авторов) 3, с. 78
Коротко о Юпитере (Ш. Мишо. “Планета Юпитер”)	4, с. 75	Популярно о космических взрывах (В.Г. Горбацкий. “Космические взрывы”) 4, с. 74
Еще одна книга о теории тяготения Эйнштейна (Дж. Сиам. “Физические принципы общей теории относительности”)	5, с. 80	Вселенная из стратосферы (В.А. Крат, Л.М. Котляр. “Баллонная астрономия”) 4, с. 79
Заглядывая в будущее (“Космическая эра. Прогнозы на 2001 год”. Сборник статей)	5, с. 80	Лунная астрометрия (К.А. Куликов, В.Б. Гуревич. “Основы лунной астрометрии”. Монография) 4, с. 79
Космос служит людям (А.Д. Коваль, Г.Р. Успенский, В.П. Яснов. “Космос – человеку”)	6, с. 59	Методическое пособие по астрономии (коллектив авторов) 5, с. 39
Учебник по астрофизике (Д.Я. Мартынов. “Курс общей астрономии”)	6, с. 59	Книга о нашей планете (К.А. Куликов, Н.С. Сидоренков. “Планета Земля”) 5, с. 77
		1973 г.
		Учителям астрономии (“Астрономия в школе”. Сборник статей) 2, с. 77

- “Астрофизика высоких энергий”
(Л.М. Озерной, О.Ф. Прилуцкий,
И.Л. Розенталь. Монография) 3, с. 33
- Демонстрационная карта звездного
неба (составители
А.Д. Марленский и Е.И. Ковязин) 3, с. 49
- “Великие памятники природы”
(М. Шварцбах) 5, с. 53
- Книги о биосфере (“Биосфера и ее
ресурсы”. Сборник статей) 6, с. 12
- Доступно об экспериментальной
астрономии (Ж.-К. Пекер.
“Экспериментальная
астрономия”) 6, с. 77
- 1974 г.**
- Книга о тайнах неба (А.А. Гурштейн.
“Извечные тайны неба”) 1, с. 61
- Книга о первой в мире орбитальной
станции (“Салют на орбите”.
Коллектив авторов) 2, с. 72
- Книга о сотрудничестве в космосе
(В.С. Верещетин. “Космос,
сотрудничество, право”) 5, с. 15
- Сейсмология сегодня и завтра
(Н.В. Шебалин. “Сейсмология –
наука о землетрясениях”) 5, с. 34
- Как работают землемеры?
(В.Н. Таныпин. “Простейшие
измерения на местности”) 5, с. 66
- Книга о Николае Копернике
(И.Н. Веселовский, Ю.А. Белый.
“Николай Коперник”.
Монография) 5, с. 76
- “Большая волна” (А.Е. Светловский,
Б.И. Силкин. “Цунами не будет
неожиданным”) 5, с. 76–77
- Популярно о бесконечности
(В.Н. Комаров. “По следам
бесконечности”) 5, с. 80
- Двадцать пятый выпуск календаря
для школьников (“Школьный
астрономический календарь”) 6, с. 73
- Методические пособия для
преподавателей астрономии
(“Методика преподавания
астрономии в средней школе”.
Коллектив авторов) 6, с. 74
- Планета для людей – какая она?
(С. Доул. “Планета для людей”) 1, с. 57
- Спор о “парадоксе часов”
(Л. Мардер. “Парадокс часов”) 2, с. 92
- Труд, повторно изданный через 37 лет
(А.А. Штернфельд. “Введение
в космонавтику”) 2, с. 92
- Популярно о взрывающихся звездах
(Ю.П. Псковский. “Новые и
сверхновые звезды”) 2, с. 93
- Еще одна книга о гипотезах
(В.А. Бронштэн. “Беседы
о космосе и гипотезах”) 2, с. 93
- “Мировоззренческие вопросы
в лекциях по астрономии”
(сборник статей) 2, с. 93
- Механика космического полета
(В.И. Левантовский. “Механика
космического полета
в элементарном изложении”) 3, с. 89
- Книга о календаре (Н.В. Володо-
монов. “Календарь: прошлое,
настоящее, будущее”) 3, с. 89
- Книга о жизни звезд
(И.С. Шкловский. “Звезды:
их рождение, жизнь и смерть”) 4, с. 91
- Современные представления о
строении и эволюции Вселенной
(Я.Б. Зельдович, И.Д. Новиков.
“Строение и эволюция
Вселенной”) 5, с. 95
- Учебное пособие по космонавтике
(В.П. Бурдаков, Ф.Ю. Зигель.
“Физические основы
космонавтики”) 5, с. 95
- Звездные атласы Михайлова
Школьникам – о космонавтике
(А.Д. Марленский. “Основы
космонавтики”) 6, с. 88
- Книга о происхождении Луны
(Е.Л. Рускол. “Происхождение
Луны”) 6, с. 88
- “Физическая космология”
(П. Пиблс) 6, с. 89
- Мировой океан – “живая клетка”
(В.Л. Лебедев, Т.А. Айзатулин,
К.М. Хайлов. “Океан как
динамическая система”) 6, с. 89
- Современные пространственно-
временные представления и
действительность
(А.М. Мостепаненко.
“Пространство–время и
физическое познание”) 6, с. 89
- 1975 г.**
- Популярно о Луне (К.А. Куликов,
В.Б. Гуревич. “Новый облик
старой Луны”) 1, с. 57

Облик южных морей СССР (А.Н. Косарев. "Гидрология Каспийского и Аральского морей")	6, с. 90	Создателям школьных обсерваторий (Н.К. Андрианов, А.Д. Марлен- ский. "Школьная астрономическая обсерватория")	5, с. 94
Как устроены и работают спутники "Космос" (Ю.И. Зайцев. «Спутники "Космос"»)	6, с. 90	Книга об исследованиях Луны (А.Л. Кемурджиан, В.В. Громов, И.И. Черкасов, В.В. Шварев. "Автоматические станции для изучения поверхностного покрова Луны")	5, с. 94
Атмосферы планет (Р. Гуди, Дж. Уолкер. "Атмосферы")	6, с. 90	Рассказ космонавта (Г.Т. Береговой. "Небо начинается на Земле")	5, с. 94
1976 г.		О покорении невесомости (Е.В. Хрунов. "Покорение невесомости")	5, с. 95
Этюды Идельсона (Н.И. Идельсон. "Этюды по истории небесной механики")	1, с. 93	Школьникам о космонавтике (И.В. Кожеуров. "Элементы космонавтики в курсах физики и астрономии")	5, с. 95–96
Популярно о современной астроно- мии (Б. Бова. "Новая астрономия")	4, с. 94	Астронавигация космических кораблей (Н.Ф. Романтеев, Е.В. Хрунов. "Астрономическая навигация пилотируемых космических кораблей")	5, с. 96
Путеводитель по созвездиям и Луне (Ф.Ю. Зигель. "Сокровища звездного неба")	6, с. 82	Атлас Гевелия (Я. Гевелий. "Атлас звездного неба")	6, с. 87
Книга о Циолковском (А.А. Космо- демянский. "Константин Эдуар- дович Циолковский")	6, с. 82	"Философия и современная космология" (А. Турсунов)	6, с. 90
Философия современной астрономии («Философские проблемы астрономии XX века». Сборник статей)	6, с. 82	Далекий и близкий космос (А.Д. Коваль, В.П. Сенкевич. "Космос далекий и близкий")	6, с. 90
"Байконур на проспекте Мира" (М.Ф. Ребров)	6, с. 83	Новое о Марсе (В.А. Бронштэн. "Планета Марс")	6, с. 91
От атомов до звезд (Л. Аллер. "Атомы, звезды и туманности")	6, с. 82		
1977 г.		1978 г.	
"Очерки о Вселенной" (Б.А. Ворон- цов-Вельяминов)	1, с. 95	Философские вопросы естествознания ("Современное естествознание и материалистическая диалек- тика". Коллективная монография)	1, с. 87
Труды В.Г. Фесенкова ("Солнце и Солнечная система")	1, с. 96	О ракетной технике (В.П. Глушко. "Путь в ракетной технике")	2, с. 94
Школьный учебник (Б.А. Воронцов- Вельяминов. "Астрономия")	1, с. 96	"Калуга космическая" (фотоальбом)	2, с. 95
"Астрономия в школе" (сборник статей)	2, с. 96	Небесная лаборатория (Э. Стулингер, Л. Бэлью. «Орбитальная станция "Скайлэб"»)	2, с. 95
Астрофизическая энциклопедия («Физика космоса")	2, с. 96	Школьникам о космической фото- информации (Н.К. Симакин, М. Назиров. "Использование космической фотоинформации в обучении физической географии")	2, с. 95
Философские проблемы космонав- тики (А.Д. Урсул. "Человечество, Земля, Вселенная")	4, с. 48		
Проблемы атмосферной циркуляции (Х.П. Погосян. "Циклоны")	4, с. 90		
Школьникам о Луне (Ф.Ю. Зигель. "Лунные горизонты")	4, с. 90		
Пикельнеровский сборник («Происхождение и эволюция галактик и звезд». Книга посвящена памяти С.Б. Пикельнера)	5, с. 94		

- Популярно о Вселенной
(М.А. Климишин. "Астрономия
вчера и сегодня") 2, с. 96
- "На орбите вне корабля"
(Ю.Н. Гладков, Е.В. Хрунов,
Л.С. Хачатурьянц) 3, с. 73
- Почтовые сувениры космической эры
(Е.П. Сашенков. "Почтовые
дороги космонавтики") 4, с. 95
- Популярно о времени (В.Е. Демидов.
"Время, хранимое как
драгоценность") 4, с. 95
- Планетная радиофизика (Н.Н. Кру-
пению. "Радиофизические
исследования планет") 4, с. 96
- "Звездный городок" (альбом) 5, с. 32
- "Человек и атмосфера"
(Х.П. Погосян) 5, с. 95
- Популярно о затмениях (М.М. Дагаев.
"Солнечные и лунные затмения") 6, с. 81
- 1979 г.**
- Космическая индустрия (А.Ф. Евич.
"Индустрия в космосе") 2, с. 79
- "Ископаемые" завтрашнего дня
(С.М. Успенский. "Живущие
во льдах") 2, с. 80
- "Вечные календари" (А.В. Буткевич,
М.С. Зеликсон) 3, с. 78
- Путеводитель по небу (Б.А. Макси-
мачев, В.Н. Комаров. "В звездных
лабиринтах. Ориентирование
по небу") 3, с. 78
- "Металлы космической эры"
(Е.М. Савицкий, В.С. Клячко) 3, с. 78
- "Введение в космогонию"
(Л.Э. Гуревич, А.Д. Чернин) 3, с. 80
- "Роберт Годдард" (И.Н. Бубнов) 4, с. 78
- В глубинах планет (В.Н. Жарков.
"Внутреннее строение Земли
и планет") 4, с. 79
- Физика Марса (В.И. Мороз.
"Физика планеты Марс") 4, с. 79
- Недра Луны (И.Н. Галкин.
"Геофизика Луны") 4, с. 80
- "Гравитация и относительность"
(М. Боулер) 5, с. 80
- "Надежная орбита"
(А.В. Филипченко) 5, с. 80
- 1980 г.**
- Знакомьтесь: Московский планетарий
(К.А. Порцевский, В.Н. Комаров
"Московский планетарий") 2, с. 77
- Учащимся ПТУ (Е.П. Левитан.
"Астрономия") 2, с. 77
- Создатели космических аппаратов
(М. Борисов. "На космической
верфи") 2, с. 78
- "Почему вымерли мамонты"
(Н.К. Верещагин) 2, с. 78
- О пути в космос (В.С. Губарев.
"Вылетаем на Байконур") 3, с. 64
- "Эволюция Солнечной системы"
(Х. Альвен, Г. Аррениус) 3, с. 74
- "Основания космологии"
(А. Турсунов) 3, с. 75
- Популярно о космологии
(И.Д. Новиков. "Эволюция
Вселенной") 3, с. 75
- Поиски внеземной жизни
(Л.И. Рубенчик. "Поиск
микроорганизмов в космосе") 3, с. 75
- Необычный словарь ("Толковый
словарь английских терминов
по астрономии и астрофизике".
Составитель Джин Хопкинс) 4, с. 51
- Школьникам о картине мира
(В.Н. Комаров. "Атеизм и
научная картина мира") 4, с. 67
- Охрана природной среды
(И.М. Кутырин. "Охрана
воздуха и поверхностных вод
от загрязнения") 4, с. 67
- Очередной выпуск БН
(международный ежегодник
"Будущее науки") 4, с. 67
- Вариант изложения сто
(Д.-Э. Либшер. "Теория
относительности с циркулем
и линейкой") 4, с. 67
- Из истории механики и астрономии
(А.Т. Григорьян, М.М. Рожанская.
"Механика и астрономия
на средневековом Востоке") 5, с. 73
- Популярно о воде (О.А. Спенглер.
"Слово о воде") 5, с. 75
- "Великие катастрофы в истории
Земли" (И.А. Резанов) 5, с. 75
- "Небо нашей планеты"
(И.А. Климишин) 5, с. 77
- Школьникам об астрономии
(М.М. Дагаев. "Книга для чтения
по астрономии") 6, с. 56
- 1981 г.**
- К предстоящему затмению
("Солнечное затмение 31 июля

1981 года и его наблюдение". Коллектив авторов)	1, с. 73	(В.А. Гуриков. "Возникновение и развитие оптико-электронного приборостроения")	4, с. 79
Новое издание книги И.С. Шкловского ("Вселенная, жизнь, разум", 5-е издание)	1, с. 77	Наблюдателям комет (К.И. Чурюмов. "Кометы и их наблюдения")	4, с. 80
"Этюды о селевых потоках" (Ю.Б. Виноградов)	2, с. 75	Карта вчера и сегодня (Н.Ф. Леонтьев. "Тематическая картография")	5, с. 71
Акустические "прожекторы" морских глубин (Б.Ф. Сергеев. "Живые локаторы океана")	2, с. 75	Учебник по авиационной и космической съемке (Н.П. Лавров, А.Ф. Стеценко. "Аэросъемка. Аэрофотосъемочное оборудование")	5, с. 71
Доступно о космических полетах (В.И. Левантовский. "Механика космического полета в элементарном изложении")	2, с. 75	Астрономический задачник (М.М. Дагаев. "Сборник задач по астрономии")	5, с. 71
"Релятивистская астрономия" (И.А. Климишин, на укр. яз.)	2, с. 77	Программы-задания ("Программированные задания по астрономии". Пособие для учителей)	5, с. 76
Главное о микромире (энциклопедия "Физика микромира")	2, с. 78	Загадки седьмого континента (А.М. Кондратова. "Следы на шельфе")	5, с. 77
Как наблюдать переменные звезды (В.П. Цесевич. "Переменные звезды и их наблюдение")	2, с. 78	Книга о философском конгрессе ("Философия и мировоззрение проблемы современной науки". Сборник статей)	6, с. 23
История открытия полярного острова (В.М. Пасецкий. "Первооткрыватели Новой Земли")	2, с. 78	Увлекательно о развитии астрономии (Д. Херрман. "Открыватели неба")	6, с. 39
"Современная селенография" (В.В. Шевченко)	3, с. 78	"Геология астроблем" (коллектив авторов)	6, с. 39
Экспедиция на шестой континент (В.И. Бардин. "В южных полярных широтах")	3, с. 78	"Метеоритный кратер Жаманшин" (П.В. Флоренский, А.И. Дабижи)	6, с. 67
О первых космонавтах (П.Р. Попович, В.С. Лесников. "Не могло быть иначе!")	3, с. 78		
Исследуется "Геокосмос" (В.А. Друянов. "Недра – цех под землей")	3, с. 79		
"Лунный грунт из моря Кризисов" (сборник статей)	3, с. 79		
"Оптические исследования в космосе" (А.Г. Николаев, Е.В. Хрунов)	3, с. 80	1982 г. Сохранить Землю для потомков (О.Н. Толстихин. "Земля – в руках людей")	1, с. 40
Геологический прогноз землетрясений (Г.И. Рейснер. "Геологические оценки сейсмической опасности")	4, с. 71	Все о календаре (И.А. Климишин. "Календарь и хронология")	1, с. 40
Популярно о метеорологии (Дж. Вайсберг. "Метеорология. Погода на Земле")	4, с. 71	Дрейфующая обсерватория- долгожительница (В.И. Стру- гацкий. "Блуждающий странник океана")	1, с. 79
"Космос – Земле" (коллектив авторов)	4, с. 76	"Философия, естествознание, современность" (сборник статей)	1, с. 79–80
Космонимика (Ю.А. Карпенко. "Названия звездного неба")	4, с. 79	Внимание, цунами! (Н.А. Щет- ников. "Цунами")	1, с. 80
Оптико-электронные приборы на Земле и в космосе			

Новое издание книги В.П. Глушко ("Развитие ракетостроения и космонавтики в СССР")	3, с. 73	1983 г. "Климат и деятельность человека" (Е.П. Борисенков)	1, с. 18
Юным астрономам (Е.А. Саркисян. "Небесные светила – надежные ориентиры")	3, с. 76	"Вселенная и развитие" (А.П. Трофименко)	1, с. 36
О Софье Ковалевской (П.Я. Кочина. "Софья Васильевна Ковалевская")	3, с. 78	Пионер ракетной техники Р. Эсно-Пельтри (Г.С. Ветров. "Робер Эсно-Пельтри")	1, с. 68
"Тайны образования нефти и горючих газов" (М.К. Калинин)	3, с. 78	Подземные воды возбуждают землетрясения (И.Г. Киссин. "Землетрясения и подземные воды")	1, с. 54
Страна ледяных куполов (В.А. Маркин. "Планеты ледяной венец")	3, с. 78	"Геохимия природных вод" (А.И. Перельман)	2, с. 54
О первых минутах (С. Вайсберг. "Первые три минуты")	3, с. 78	Книжка-панорама (А.А. Гурштейн. "Люди и звезды")	2, с. 54
"Физика" (Дж. Опри)	3, с. 79	Ледяной панцирь шестого конти- нента (К.С. Лосев. "Антаркти- ческий ледниковый покров")	2, с. 73
Популярно о планетах и спутниках (У. Кауфман. "Планеты и луны")	5, с. 56	Об астрономических фактах (И.Г. Колчинский. "Наблюдения и факт в астрономии")	2, с. 76
Юным астрономам Украины (И.А. Климишин. "Жемчужина звездного неба", на укр. яз.)	5, с. 74	Анализ потока информации (("Информатика в астрономии и геодезии". Сборник статей)	1, с. 80
Все о Галактике и Андромеде (А.С. Шаров. "Туманность Андромеды")	5, с. 75	Беседы с космонавтом (И.Н. Бубнов, К.П. Феоктистов. "О космолетах")	3, с. 48
Творцы "геологической летописи" (Л.В. Громов, С.А. Данильянц. "Названное именем геолога")	5, с. 79	Календари (В.В. Цыбульский. "Календари и хронология стран мира")	3, с. 72
О пространстве и времени (М.Д. Ахундов. "Концепции пространства и времени: истоки, эволюции, перспективы")	5, с. 79	"Вещество Вселенной" (Ф.Ю. Зигель)	3, с. 77
Популярно о Солнце (Э.В. Кононович. "Солнце – дневная звезда")	5, с. 80	"Маршрутами XX века" (И.Н. Галкин)	3, с. 79
В помощь лектору (библиотечка "Философия и современное естествознание". Составитель член-корреспондент АН СССР И.Т. Фролов)	6, с. 68	Водные катастрофы (Р.В. Пясковский, К.С. Померанц. "Наводнения")	3, с. 80
"У истоков человечества" (Г.Н. Матюшин)	6, с. 70	Необычная книга для школьников (("Астрономия в вопросах и ответах")	4, с. 47
Образец популяризации науки (В.И. Вавилов. "Глаз и Солнце (о свете, Солнце и зрении)"	6, с. 74	Как эволюционирует Вселенная (И.Д. Новиков. "Эволюция Вселенной")	4, с. 47
Сборник обзоров ("Астрофизика и космическая физика")	6, с. 74	Рассказы о карте (В.С. Кусов. "Карту создают первопроходцы")	4, с. 59
Популярно об экологии (И.В. Давиденко. "Земля – твой дом")	6, с. 74	Первое знакомство с физикой (Л.Л. Сикорук. "Физика для малышей")	4, с. 65
		Популярно о кометах (Контиро Томито. "Беседы о кометах")	4, с. 73
		Как зарождалась научная метеоритика (А.И. Еремеева.	

“Рождение научной метеоритики. История Палласова Железа”	4, с. 75	Любителям фантастики (А.И. Шалимов. “Возвращение последнего атланта”)	4, с. 87
Астрономия для будущих рабочих (Е.П. Левитан. “Астрономия”, 2-е изд., исп. и доп.)	5, с. 63	Звездная космогония (Л.Э. Гуревич, А.Д. Чернин. “Происхождение галактик и звезд”)	4, с. 88
Дающие жизнь (Г.В. Обедиев. “Века и реки”)	5, с. 63	Преподавателям ПТУ (Е.П. Левитан. “Мировоззренческие аспекты изучения астрономии”)	4, с. 92
Школьникам о плазме (В.П. Милантьев, С.В. Темко. “Физика плазмы”)	5, с. 63	Доступно о Галактике (А.М. Мухин. “В нашей Галактике”)	4, с. 96
Музей земных скульптур (Н.А. Флоренсов. “Скульптуры земной поверхности”)	5, с. 74	“Календарь природы и человека” (И.А. Климишин)	5, с. 78
“Релятивистская астрономия” (И.А. Климишин)	6, с. 59	Первый шаг в неизвестность (И.Г. Борисенко. “В открытом космосе”)	5, с. 78
Популярная геохимия (В.Л. Зверев. “Пропавшие атомы”)	6, с. 67	“Геологи изучают планеты” (коллектив авторов)	5, с. 82
Занимательная астрономия (В.Н. Комаров. “Новая занимательная астрономия”)	6, с. 68	Наблюдателям серебристых облаков (В.А. Бронштэн. “Серебристые облака и их наблюдение”)	5, с. 96
Необыкновенная обыкновенная вода (Б.З. Фрадкин. “Белые пятна безбрежного океана”)	6, с. 77	“Нормальное магнитное поле Земли” (В.И. Почтарев)	6, с. 42
1984 г.		Восемь лекций о структуре материи (“Фундаментальная структура материи”. Коллектив авторов)	6, с. 82
О времени и долготе (Д. Хауз. “Гринвичское время и открытие долготы”)	1, с. 96	Первый том энциклопедии (“Наука и Вселенная”. 1-й том энциклопедии)	6, с. 87
Переиздан учебник (Б.А. Воронцов-Вельяминов. “Астрономия”)	2, с. 100	О тайнах неба (А.А. Гурштейн. “Известные тайны неба”)	6, с. 87
“Космические аппараты” (коллектив авторов)	2, с. 106	Популярно о рентгеновской астрономии (П.Р. Амнуэль. “Небо в рентгеновских лучах”)	6, с. 87
“Каменная летопись Земли” (Р.К. Баландин)	2, с. 109	“Разгадка тайны Стоунхенджа” (Дж. Хоккинс, Дж. Уайт)	6, с. 90
Учебное пособие по гравиметрии (Н.П. Грушинский. “Основы гравиметрии”)	3, с. 41	1985 г.	
Мир снежных проблем (А.К. Дюнин. “В царстве снега”)	3, с. 56	Биография Эйнштейна (Ф. Герник. “Альберт Эйнштейн”)	1, с. 46
“Полярные сияния” (Г. Мизун)	3, с. 60	Страницы истории отечественной астрономии (Н.И. Невская. “Петербургская астрономическая школа XVIII века”)	1, с. 104
“Криолитосфера Марса” (Р.О. Кузьмин)	3, с. 69	Беседы о Мире и Человеке (А. Турнусов. “Беседы о Вселенной”)	1, с. 104
“Летопись” холода (В.В. Бердников. “Древний холод”)	4, с. 57	О черных приливах (А.С. Монин, В.И. Войтов. “Черные приливы”)	1, с. 104
Каким был Юра Гагарин (А.Г. Гагарина. “Слово о сыне”)	4, с. 60		
О проблемах экологии (“Окружающая среда”. Коллектив авторов)	4, с. 77		
Океан – арена промышленной деятельности (В.П. Гаврилов. “Кладовая океана”)	4, с. 83		

Рожденные в грозовых облаках (Д.В. Наливкин. “Смерчи”)	1, с. 111	“Микроэлементы – благо и зло” (Л.Г. Бондарев)	4, с. 57
Очерки о гидроакустике (И.И. Клюкин. “Звук и море”)	1, с. 112	Очерки о людях-звездах (О.Н. Коротцев, В.А. Смирнов. “Люди-звезды”)	4, с. 67
Книга о крымских астрономах (И.И. Неяченко. “Звезда в подарок”)	1, с. 112	Школьникам – о физике звезд (А.Д. Чернин. “Звезды и физика”)	4, с. 75
Репортаж из Звездограда (А.П. Романов, И.Г. Борисенко. “Отсюда дороги к планетам легли”)	2, с. 23	“Дрейф материков и климат Земли” (С.А. Ушаков, Н.А. Ясаманов)	4, с. 90
“Гелий на Земле и во Вселенной” (А.С. Ассовская)	2, с. 23	В мире камня (В.И. Лебединский. “В удивительном мире камня”)	4, с. 90
О море звезд и галактик (Ю.Н. Ефремов. “В глубины Вселенной”)	2, с. 51	“Комета Галлея и ее наблюдение” (Н.А. Беляев, К.И. Чурюмов)	5, с. 43
Переиздана книга В.П. Цесевича (В.П. Цесевич. “Что и как наблюдать на небе”)	2, с. 59	Глаза Земли (Ф.Ю. Зигель. “Астрономы наблюдают”)	5, с. 43
Тепло Земли (И.М. Дворов, В.И. Дворов. “Освоение внутриземного тепла”)	2, с. 59	Шуршат ли сполохи? (С.А. Черноус. “Кто Вы, Ваше сиятельство?”)	5, с. 56
Книга об академике В.А. Обручеве (В.А. Друянов. “Рыцарь факта”)	2, с. 63	Климат на нашей планете (К.С. Лосев. “Климат: вчера, сегодня... и завтра?”)	5, с. 90
“Неисчерпаемость бесконечности” (Ф.Ю. Зигель)	2, с. 77	Радиозеркало планеты (Ю.Г. Мизун. “Ионосфера Земли”)	5, с. 100
О связи микро- и мегамира (И.Л. Розенталь. “Элементарные частицы и структуры Вселенной”)	3, с. 16	Социально-философские проблемы космонавтики (А.Д. Урсул, А.И. Дронов. “Космонавтика и социальная деятельность”)	5, с. 103
Их именами названы “корабли науки” (А.Ф. Трешников)	3, с. 21	Пробный учебник (Е.П. Левитан. “Астрономия”)	5, с. 108
Наблюдателям метеоров (Р.Л. Хогинок. “О визуальных наблюдениях метеоров – методическое пособие по обработке наблюдений”)	3, с. 39	“Семь шагов в небо” (К.П. Феокметов)	6, с. 14
О приближающейся комете (И. Колдер. “Комета надвигается!”)	3, с. 75	Космонавт – детям (А.А. Леонов. “Выхожу в космос”)	6, с. 20
Астрономическая карта мира (А.И. Еремеева. “Астрономи- ческая карта мира и ее творцы”)	3, с. 80	“Курс теоретической астрофизики” (В.В. Соболев)	6, с. 45
Фантастическая повесть Циолковского (К.Э. Циолковский. “На Луне”)	4, с. 35	КИК – что это такое (Б.А. Покровский. «Я – “Заря”»)	6, с. 68
		Что такое гидродинамика? (Р.А. Агеева. “Происхождение имен рек и озер”)	6, с. 92
		Как образовалась земная кора? (И.А. Резанов. “Эволюция земной коры”)	6, с. 93

УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ И ЗАМЕТОК, ОПУБЛИКОВАННЫХ В “ЗЕМЛЕ И ВСЕЛЕННОЙ” В 2007 г.

Антипин С.В. Поиск и изучение переменных звезд	1	Перминов А.Н., Успенский Г.Р. Полвека космической эры: итоги и перспективы	5
Бобылёв Л.П. Изменения климата и окружающей среды Арктики	6	Митрофанов И.Г. Исследования Солнечной системы с помощью АМС	5
Веселовский И.С. Стереоскопия Солнца и гелиосферы	2	Копелевич О.В. Спутниковые наблюдения в океанологии	5
Гуфельд И.Л. Дегазация Земли и сейсмичность	2		
Зверев С.М. Глубинное сейсмическое зондирование в Мировом океане в период МГГ и после него		АСТРОФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ	
Морозова Л.И. Облака над тектоническими разломами (наблюдения со спутников)	6	Бисноватый-Коган Г.С. Всплески космического гамма-излучения: наблюдения и моделирование	6
Перминов А.Н. Пилотируемая космонавтика: за и против	1	Кривонос Р.А. “Интеграл”: структура ближней Вселенной	6
Прилуцкий О.Ф. Подвижные лаборатории на Марсе	2	Ревнивцев М.Г. Рентгеновский “хребет” Галактики	6
Сажин М.В., Сажина О.С. Современная космология	3		
Супруненко Ю.П. Ресурсы антарктических айсбергов		ЛЮДИ НАУКИ	
	1	Белова Н.Г., Соколова С.А. Константин Эдуардович Циолковский (к 150-летию со дня рождения)	5
К 50-ЛЕТИЮ МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ГОДА		Бранец В.Н. Борис Евсеевич Черток (к 95-летию со дня рождения)	2
Евлашин Л.С., Шефов Н.Н. Полярные сияния и излучения верхней атмосферы	4	Головкина В.П. Фридрих Артурович Цандер	6
Котляков В.М. МГГ в полярных и ледниковых областях Земли	4	Елизаров А.А., Косарев А.Н. Алексей Дмитриевич Добровольский (к 100-летию со дня рождения)	2
Морозов Е.Г. Исследования в Мировом океане в период МГГ и после него	4	Козенко А.В. Леонард Эйлер (к 300-летию со дня рождения)	3
Родкин М.В. Динамика земной тверди	4	Котляков В.М., Зингер Е.М. Григорий Александрович Авсюк (к 100-летию со дня рождения)	1
Родников А.Г. Глобальное единение наук о Земле	4	Победоносцева Е.Ю. Юрий Александрович Победоносцев (к 100-летию со дня рождения)	3
К 50-ЛЕТИЮ КОСМИЧЕСКОЙ ЭРЫ			
Перминов А.Н. Читателям журнала “Земля и Вселенная”	5		

Черток Б.Е. Сергей Павлович Королёв (к 100-летию со дня рождения)
Памяти Джеймса Ван Алена
Памяти Владимира Сергеевича Сыромятникова

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Ананичева М.Д. На пороге третьего Международного полярного года
Закутняя О.В. Планетная конференция в ИКИ РАН
Закутняя О.В. Вселенная высоких энергий
Малков О.Ю. XXVI Генеральная ассамблея Международного астрономического союза
Пахомов А.Г. VI Гамовская летняя астрономическая школа
Рудницкий Г.М. Конференция памяти И.С. Шкловского и С.Б. Пикельнера

ИЗ НОВОСТЕЙ ЗАРУБЕЖНОЙ КОСМОНАВТИКИ

Герасютин С.А. Полеты межпланетных станций и научных спутников

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Левитан Е.П. Космонавтика и школьная астрономия

АЭРОКОСМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Гулютин Д.А. Первые юношеские Королёвские чтения
Полтавец Г.А. Модели ракет стартуют из Байконура
Пшеничнер Б.Г., Яценко С.П. Космос становится ближе

ИСТОРИЯ НАУКИ

1	Бирюлин В.И., Шумеев В.И.	
1	Об одном заочном диспуте	1
2	Бугров В.Е. Проект экспедиции на Марс С.П. Королёва и М.К. Тихонравова	2
	Капица А.П. Первые походы в Антарктиде (из антарктического дневника)	4
3	Коротеев А.С., Ерёмин Е.П. Вклад Центра Келдыша в становление космонавтики	5
2	Кузьмин А.В. Загадка “Уранометрии” Байера	4
3	Маркин В.А. Самая северная экспедиция МГГ	6

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

4	Голубев В.Н. Парниковый эффект и морские льды Арктики	6
3	Подгорный А.И., Подгорный И.М. Электродинамическая модель солнечной вспышки	3
	Солодовник А.А. Атмосферное электричество и происхождение серебристых облаков	6

ЭКСПЕДИЦИИ

5	Колпаков В.В., Язев С.А. Патомский конус	1
---	--	---

ОБСЕРВАТОРИИ, ИНСТИТУТЫ

5	Язев С.А. Памятные даты иркутской астрономии	2
	Финкельштейн А.М. Институт прикладной астрономии	4
5	Харин Е.П., Сергеева Н.А. Золотой фонд наук о Земле	4

КОСМОНАВТИКА В ИНТЕРНЕТЕ

3	Песляк А.М. В глубинах астрокосмических сайтов	2
---	--	---

ПРОБЛЕМЫ SETI

Гиндилис Л.М. Надо ли отправлять послания внеземным цивилизациям?

6

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Силантьева А. Экспедиции “Веги” в Крым

1

Татарников М.П. “Веговские чтения-13 и -14”

2

Угольников О.С. Небесный календарь: март–апрель 2007 г.

1

Угольников О.С. Небесный календарь: май–июнь 2007 г.

2

Угольников О.С. Небесный календарь: июль–август 2007 г.

3

Угольников О.С. Небесный календарь: сентябрь–октябрь 2007 г.

4

Угольников О.С. Небесный календарь: ноябрь–декабрь 2007 г.

5

Угольников О.С. Небесный календарь: январь–февраль 2008 г.

6

ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ

Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П. Индонезия и Камчатка: извержения вулканов предшествовали землетрясению

1

Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П. За семь месяцев – 3000 землетрясений

4

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

Деев М.Г., Тимашев И.Е. Два моря – две энциклопедии

4

Лескова Н.Л. Новые книги профессора Лескова

4

Маркин В.А. Провозвестник Северного морского пути

1

Певзнер А.Н. “Обратный отсчет времени”

2

Полищук Р.Ф. Вселенная за три рубля

1

Соколова С.А. Новое издание трудов К.Э. Циолковского
Широков С.В. Еще одна популярная энциклопедия по астрономии

5

2

ДОСЬЕ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

Полтавец Г.А. Космонавтика в цифрах

5

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Астрономия

Астероид рядом с нами 1
Бактерии в ядрах комет 2
“Бесхозные” планеты 2
Гейзеры на Хароне 6
Гигантская экзопланета 6
Гипотезы происхождения гейзеров на Энцеладе 5
“Голый” квазар 1
Дейтерий в Млечном Пути 1
Древние обсерватории Перу 4
Звездообразование в галактиках Антенн 2
Звезды вблизи центра Галактики 6
Из истории объектов пояса Койпера “Кассини”: открыт 60-й спутник Сатурна 6
Кеск II: слияние черных дыр? 5
Когда христианство стало государственной религией в Грузии 5
Кто виноват: комета или люди? 3
Моря и озера на Титане 4
Новое о возрасте звезд Галактики и Вселенной 5
Новый гигантский телескоп 6
Об одном из писем М.В. Ломоносова Эйлеру 3
Обозначение карликовых планет 2
Обнаружение в космосе анионов 3
Открыта экзопланета с атмосферой 4
Очень опасный астероид 1
Самая яркая Сверхновая 5
“Световое эхо” от звезды V 838 Единорога 2
Спирали вокруг двойных звезд 3

Солнце в августе–сентябре 2006 г.
 Солнце в октябре–ноябре 2006 г.
 Солнце в декабре 2006 г. –
 январе 2007 г.
 Солнце в феврале–марте 2007 г.
 Солнце в апреле–мае 2007 г.
 Солнце в июне–июле 2007 г.
 118-й элемент открыт в Дубне
 Сюрпризы черных дыр
 Таинственный “шестиугольник”
 на Сатурне
 Толщина льда на Марсе
 Тройной квазар
 Уникальный миллиметровый
 радиотелескоп
 “Темную материю” можно увидеть?
 “Хиноде” фотографирует Солнце
 Чем вызваны извержения
 на Энцеладе?
 Фотографирует “Марс Экспресс”
 Экзопланета с водой?

Космонавтика

Запуск спутника “Ресурс-ДК1”
 Любуйтесь Землей из космоса
 “Марс Глобал Сервейер” замолчал
 МКС: 50 тыс. оборотов вокруг
 Земли
 Новый полет корабля “Атлантис”
 Новый фильм о С.П. Королёве
 Очередной полет “Дискавери”
 Полет АМС “Новые горизонты”
 продолжается
 Полет “Дискавери”
 Полет корабля “Атлантис”
 Пятнадцатая основная экспедиция
 на МКС
 “СМАРТ-1” завершил работу
 “Феникс” – новый старт к Марсу
 “Чандра”: снимки необычной
 нейтронной звезды
 Четырнадцатая экспедиция
 на МКС

1 Науки о Земле

2	Гигантское гало над Сахалином	5
3	Европейское весеннее половодье	1
4	2006 г.	2
5	“Земляничная зима” 2006/07	1
6	Июльское цунами в Индонезии	5
1	Неспокойная Этна	4
3	Новый предвестник землетрясения	5
4	Первые экспедиции МПГ 2007–2008	3
4	Первый в России фестиваль науки	6
4	Погружение на дно у Северного	5
4	полюса	3
4	Рекордно жаркие дни в мае 2007 года	1
2	Совсем не белый снег	3
1	Снег в Южной Африке	3
4	Три вулкана на Камчатке	5
4	и землетрясение к востоку	1–6
4	от Курил	
1	Что случилось в Долине Гейзеров	
5	Новые книги	
1	Указатель статей, посвященных	
2	исследованиям гидросферы	
2	ледников и полярных областей	
2	Земли, опубликованных в	
6	“Земле и Вселенной”	4
5	в 1965–2006 гг.	
1	Указатель статей о пилотируемой	
3	космонавтике, опубликованных	
1	в “Земле и Вселенной”	5
1	в 1965–2007 гг.	
1	Указатель статей о космических	
1	исследованиях Солнца, Луны,	
1	планет, комет и астероидов,	
4	опубликованных в “Земле	5
4	и Вселенной” в 1965–2007 гг.	
1	Указатель заметок о новых	
6	книгах, опубликованных в “Земле	6
6	и Вселенной” в 1970–1985 гг.	
6	Указатель статей и заметок,	
1	опубликованных в “Земле	6
1	и Вселенной” в 2007 г.	

Ф.СП-1	АБОНЕМЕНТ на <u>газету</u> ж у р н а л Земля и Вселенная (наименование издания) на ____ год по месяцам: 70336 (индекс издания) Количество комплектов <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th></tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> Куда (почтовый индекс) (адрес) Кому (фамилия, инициалы)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														
	ПВ место литер ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА на <u>газету</u> ж у р н а л Земля и Вселенная (наименование издания) на ____ год по месяцам: 70336 (индекс издания) Стоимость подписки пере-адресовки ____ руб. ____ коп. Количество комплектов <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th></tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> Куда (почтовый индекс) (адрес) Кому (фамилия, инициалы)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12														

Дорогие читатели!

*Поздравляем вас с Новым, 2008 годом!
Желаем здоровья и успехов во всех ваших начинаниях.*

Дорогие читатели!

Напоминаем, что подписаться на журнал “Земля и Вселенная” вы можете с любого номера по Объединенному каталогу “Пресса России” (I полугодие 2008 г.) во всех отделениях связи. Подписной индекс – 70336.

Заведующая редакцией Г.В. Матросова
Зав. отделом наук о Земле В.А. Маркин
Зав. отделом космонавтики С.А. Герасютин

Художественные редакторы О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина
Литературный редактор О.Н. Фролова
Оператор ПК Н.Н. Токарева
Корректор Г.В. Печникова
Обложку оформила О.Н. Никитина

Сдано в набор 30.08.2007. Подписано в печать 22.10.2007. Формат бумаги 70×100¹/₁₆
Офсетная печать. Уч.-изд. л. 12.2. Усл.печ. л. 9.1. Усл.кр.-отт. 6.0 тыс. Бум. л. 3.5
Тираж 668 экз. Заказ № 628

Учредители: Российская академия наук. Президиум
Издатель – Академиздатцентр “Наука”,
117997 Москва, Профсоюзная, 90
Адрес редакции: 119991 Москва, Мароковский пер., 26
Телефоны: (факс) 238-42-32, 238-29-66
E-mail: zevs@naukaran.ru
Оригинал-макет подготовлен МАИК “Наука/Интерпериодика”
Отпечатано в ППП “Типография Наука”
121099 Москва, Шубинский пер., 6



***Башня нового гигантского телескопа GCT (Great Canarian Telescope–
Большой Канарский Телескоп) с диаметром зеркала 10.4 м.
Обсерватория находится на острове Ла Пальма (Канарские острова,
Испания) и расположена на высоте 2400 м над уровнем моря. Фото
Обсерватории Лас Пальмас (к стр. 92)***



“НАУКА”
Индекс 70336